本书编写人员： 张春元　张庆双

无线电爱好者丛书前言

众所周知，迅速发展着的无线电电子技术，是一门应用十分广泛的现代科学技术。它的发展水平和普及程度是现代化水平的重要标志。为了普及电子技术知识，培养更多的无线电爱好者，适应现代化建设的需要，中国电子学会和人民邮电出版社约请有关专家编写了这套《无线电爱好者丛书》。

本丛书从无线电爱好者的实际条件出发，按照理论联系实际的指导思想，深入细致地讲述各种无线电元器件和常用电子电路的原理；介绍各种家用电器、电子设备（如收音机、扩音机、录音机、电视机、录像机、电子计算机、计算器、复印机、电子相机、常用电子仪器仪表、电子钟表、电冰箱、空调器、洗衣机、吸尘器、电风扇、电热器具等）的工作原理、制作技术、使用和维修方法，为无线电爱好者提供所需的各种技术资料及有关工具书，使读者通过阅读本丛书和不断动手实践，能逐步掌握应用电子技术的基本技能。本丛书的读者对象是各行各业的广大无线电爱好者。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和无线电爱好者，对这套丛书的编辑出版工作提出宝贵意见，给予帮助。让我们共同努力，为普及无线电电子技术，为实现我国现代化做出贡献。

前　言

广大无线电爱好者大多是从业余制作起步的，通过制作一些简单的无线电设备，积累了初步的实践经验，产生了日益浓厚的兴趣，由此进一步去探索无线电世界的奥秘。但是，无线电技术的初学者，在分析比较复杂的电子电路，或对无线电整机进行调试和修理时，却由于缺乏比较系统的理论知识而感到困难和吃力。理论基础薄弱羁绊了无线电爱好者长足进取。为了向具有中等文化水平的读者普及无线电电子学方面的基础知识，系统地介绍无线电路的基本原理和基本分析方法，指导他们更好地从事业余无线电实验和制作活动，我们编写了这套书。

《读本》是中国电子学会组织编写的“无线电爱好者丛书”中的一种，自 1983 年出版以来，深受读者欢迎，连年重印，畅销不衰。1993 年又出版了本书的修订本。近年来，无线电技术发展十分迅速，新型电子器件不断涌现，无线电设备特别是音像设备及通信设备不断更新换代。当前，为了贯彻党和政府提出的科教兴国和可持续发展战略，电子科学技术的普及工作越来越受到各方面的重视。由中国科学技术协会青少年工作部和《无线电》杂志编辑部联合举办的全国“少年电子技师”等级证书认定活动，正在全国范围蓬勃展开，无线电爱好者的队伍不断壮大，业余无线电活动的内容也在更新和变化。在这样的形势下，《读本》1993 年修订本的内容已经不能适应无线电爱好者新的、更高的需求。为此，根据广大读者的意见，我们对原书再次进行了

修订。

《读本》不涉及某种设备的制作工艺、调试、维修等内容，主要是从各种无线电设备的共性出发，比较深入地阐述了各种电子器件、无线电单元电路以及整机的工作原理和分析方法。在写法上侧重讲清物理概念，尽量避免繁琐的数学推导，力求深入浅出，通俗易懂，便于自学。这次修订在保持原书特色的前提下，进行了全面改写，更加突出了内容的新颖性和实用性，删去了介绍一般科普知识的"绪论"、"微型计算机基础知识"等章节，新增了"Hi-Fi 及 AV 家庭影院"、"光盘"等当前比较热门的内容。

《读本》(第二次修订本)分上、中、下三册出版。上册内容包括"电子器件"、"放大电路基础"、"电源电路"、"正弦波振荡电路"、"调制与解调电路"、"混频电路与变频电路"、"集成运算放大电路"、"数字集成电路"等八章，由宋东生编写；中册内容包括"收音机"、"录音机"、"Hi-Fi 与 AV 家庭影院系统"三章，由张庆双和张春元编写；下册内容包括"电视机"、"录像机与摄像机"、"光盘机"三章，由张燕杰、聂元铭、杨克威编写。

本书 1983 年第一版和 1993 年修订本的作者为宋东生、李璜、张春元、王行国、赵锡禄、张爱华、王贯一、杨克威、朱凯、许茂祖等同志，他们为无线电技术的普及作出了贡献，在此表示诚挚的感谢。

编者

目　录

第九章
收音机

随着声音广播技术的发展，作为接收无线电广播的收音机，也不断更新换代。自 1919 年开发了声音广播以来的半个多世纪中，收音机经历了电子管收音机、晶体管收音机、集成电路收音机的三代变化，其功能日趋增多，质量日益提高。80 年代开始，收音机又朝着电路集成化、显示数字化、声音立体化、功能电脑化、结构小型化等方向发展。这一章对收音机的基本工作原理、收音机的典型电路作简要的介绍。

第一节　收音机的分类和性能指标

一、收音机的分类

收音机可以从不同的角度来分类。根据使用器件的不同，可分为电子管收音机、晶体管收音机、集成电路收音机；根据放大方式的不同，可分为直接放大式收音机和超外差式收音机；根据接收的广播制式不同，可分为调幅收音机，调频收音机和调幅、调频收音机；根据接收的波段不同，可分为中波收音机、短波收音机、中短波收音机、中波超短波收音机、长中短波收音机、全波段收音机；根据体积的不同，可分为落地式收音机、台式收音机、便携式收音机、袖珍式收音机、微型收音机等；根据使用的电

源不同，可分为交流收音机、直流收音机、交直流两用收音机；根据规格不同，按部颁标准，可分为A类、B类、C类。分别相当于高、中、低三挡的收音机；根据用途的不同，可分为汽车收音机、立体声收音机、时钟收音机、收扩两用机、收录两用机、收录扩唱四用机等多用机。

二、收音机的主要性能指标

1. 灵敏度

灵敏度用来表示收音机接收微弱信号的能力。灵敏度高，接收远地及弱电台的能力就强。灵敏度的表示方法有两种：采用磁性天线的收音机，是以天线所接收的信号场强来表示灵敏度的，其单位为毫伏/米，用 mV/m 表示；采用拉杆天线或外接天线的收音机，则以天线上所加的信号电压来表示灵敏度，其单位为微伏，用 μV 表示。在一定输出功率和信噪比的条件下，mV/m或 μV 值越小，灵敏度越高。

2. 选择性

选择性表示收音机在不同频率的电台信号中，选取所需信号的能力。调幅广播电台的频率间隔标准为 9kHz。收音机选择性指标是以信号偏调中心频率 ± 9kHz 时的偏调衰减量来测量的，通常用分贝表示；分贝数越大，选择性越好，不同等级的收音机，其选择性指标不同。选择性不好的收音机，会有“串台”现象。

3. 最大有用功率

收音机在音量开得很大时，收听效果很差，声音严重失真，只有在一定的音量范围内，才能保证放音不产生严重失真。收音机在一定的失真指标（一般为 10%）下所能输出的最大功率，称为最大有用功率。

4. 电源消耗

收音机正常工作时，电源电压与整机消耗电流的乘积，称为电源消耗。晶体管收音机一般以整机工作电流作为电源消耗指标。晶体管收音机的声频输出级通常采用乙类放大方式，所以电源消耗指标一般给出无信号输入时和最大输出时的电流值。这个数值越小，电源消耗也就越小。

5. 频率范围

频率范围指收音机各波段所能接收的电台频率范围。它反映收音机的频率覆盖能力。例如中波收音机的频率范围为 520 ~ 1640kHz，在此范围内，收音机灵敏度所及的电台均应被接收。

第二节　收音机的工作原理和电路结构

一、直接放大式晶体管收音机

直接放大式(简称直放式)收音机具有电路简单，调试简便的特点。图 9-1 是直放式收音机的方框图。

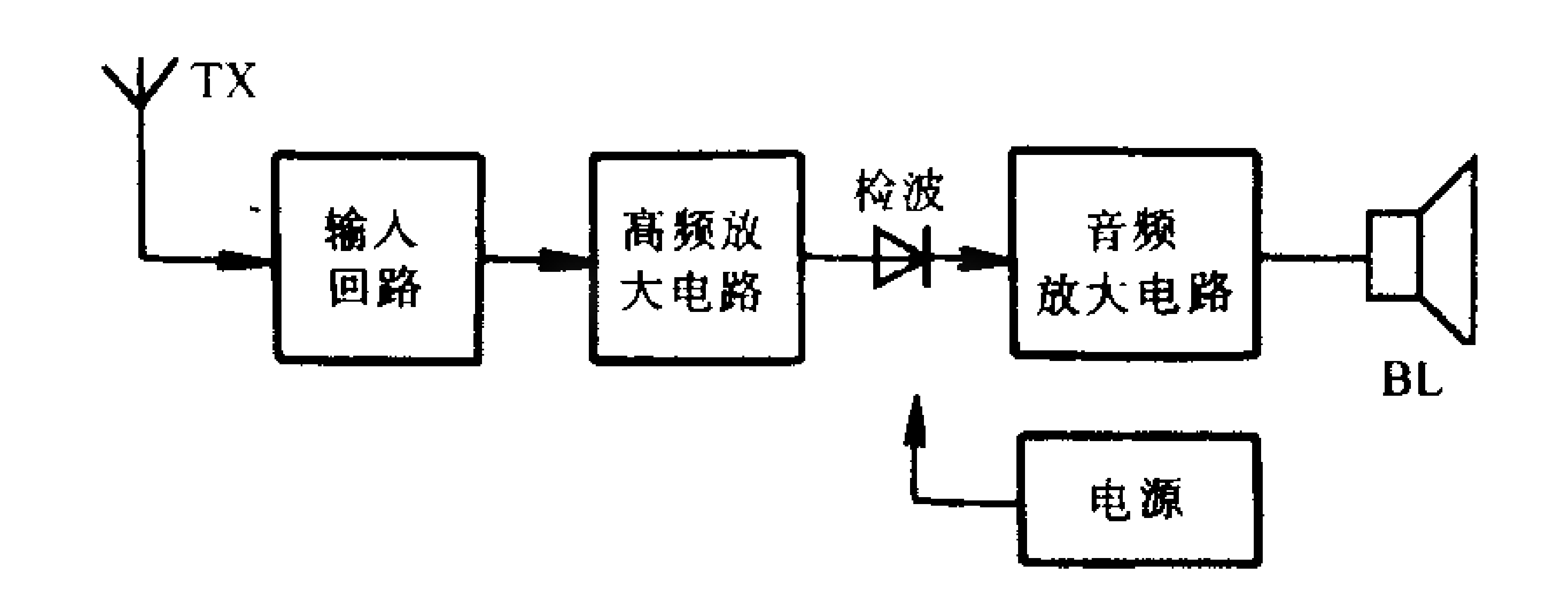


图 9-1　直放式收音机方框图

它由接收天线、输入回路、高频放大电路、检波电路、音频放大电路及电源电路等部分组成。由天线接收的广播电台信号在输入回路这个“大门”里进行选台，而后经高频放大器直接放大

后，再经检波器取出音频信号，送到音频放大器放大，最后推动扬声器放声。由于直放式收音机接收灵敏度较低，一般都附加来复再生电路并采用倍压检波方式，以发挥收音机的潜力，提高接收能力。

所谓“来复”，是指经高频放大、检波后得到的音频信号，再在本级作一次音频放大，使高频管一管两用，以提高整机放大倍数。

“再生”是将高频放大输出的信号取出一部分反送回高频放大级的输入端进行再放大，形成正反馈。只要适当控制反馈量的大小，就能保证电路不致产生振荡啸叫，而具有加强输入信号的作用。图 9－2 是来复再生式收音机的方框图。

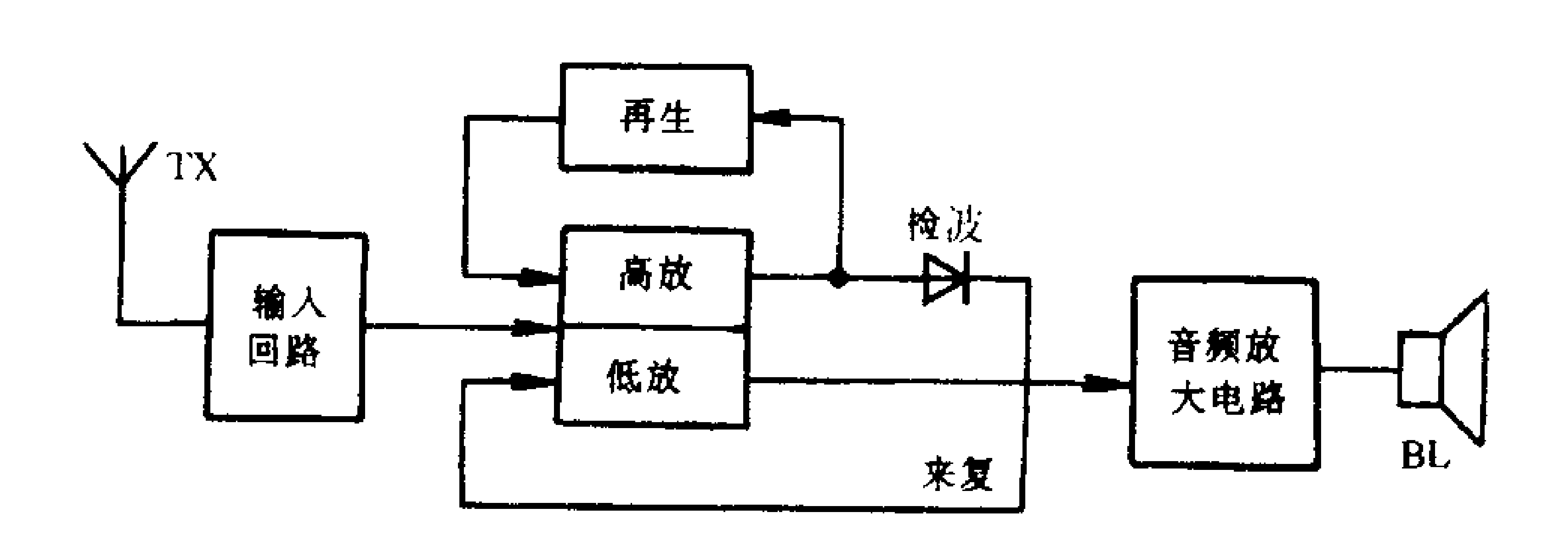


图 9－2 来复再生式收音机方框图

倍压检波电路的特点是可使检波输出电压成倍增加。图 9－3是倍压检波电路示意图。

这种电路是在二极管检波电路中增加了倍压元件 VD_2 和 C_2。VD_1、C_1 仍作为检波元件。当负半周（上负下正）到来时，VD_1 不导通，VD_2 导通，信号电流使 C_2 充上与信号电压相近的电压；当正半周（上正下负）到来时，VD_1 检波，同时 C_2 在负半周时充上的电压与信号输入电压串联加在 VD_1 上，从而使检波电压成倍增加，检波输出信号的幅度增大，提高了来复低放的放大倍数。

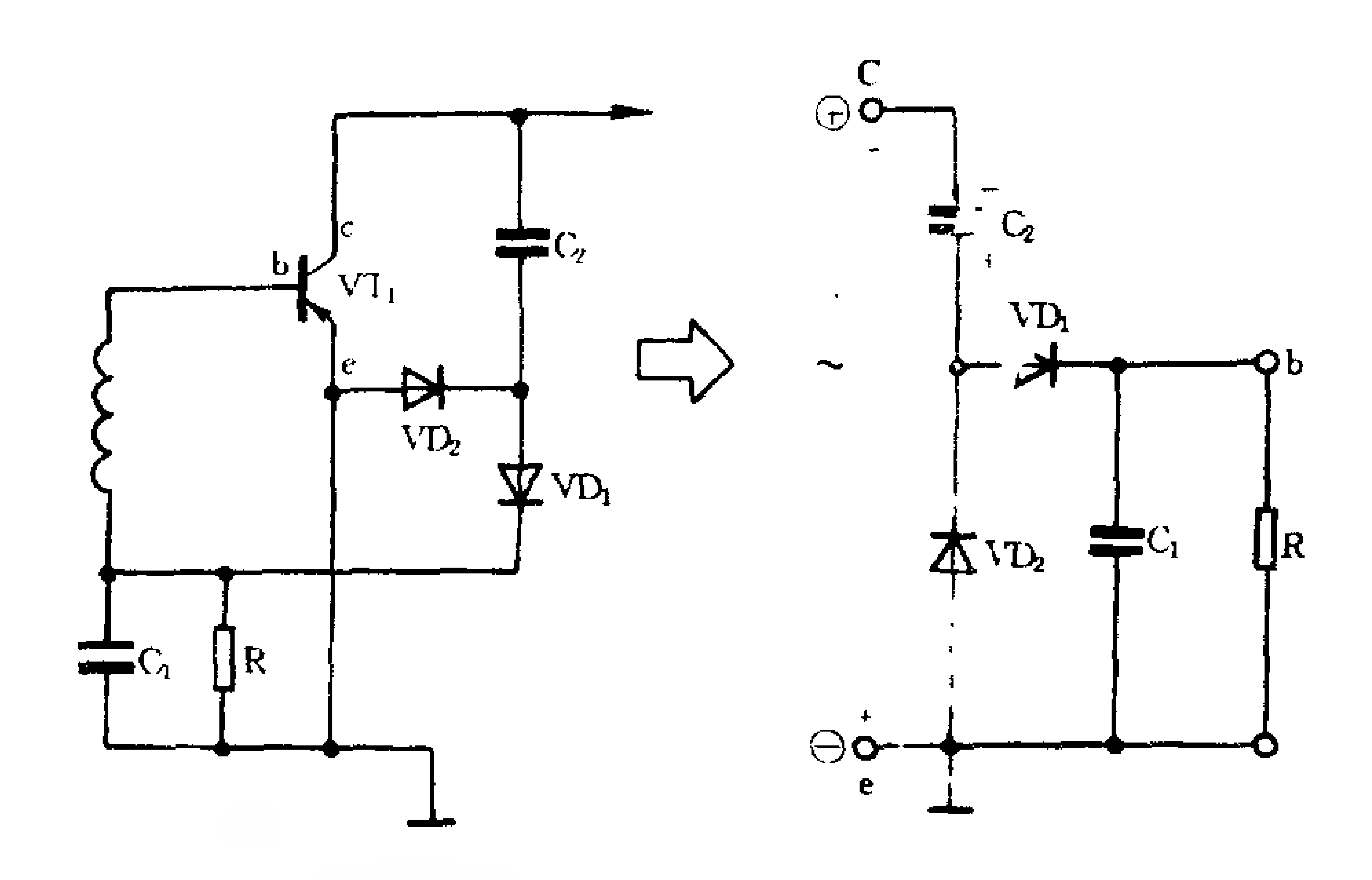


图 9－3 倍压检波电路

图 9－4 是四管来复再生式收音机的典型电路。电路由高频放大管 VT_1、音频放大管 VT_2、VT_3、VT_4 及相关元件组成。由磁性天线 TX 接收的广播电台信号在 L_1、C_1 组成的调谐回路中进行谐振选台，被选出的电台信号由输入线圈 L_2 耦合给 VT_1 的输入端，进行高频放大，放大后的输出信号由集电极输出。由于

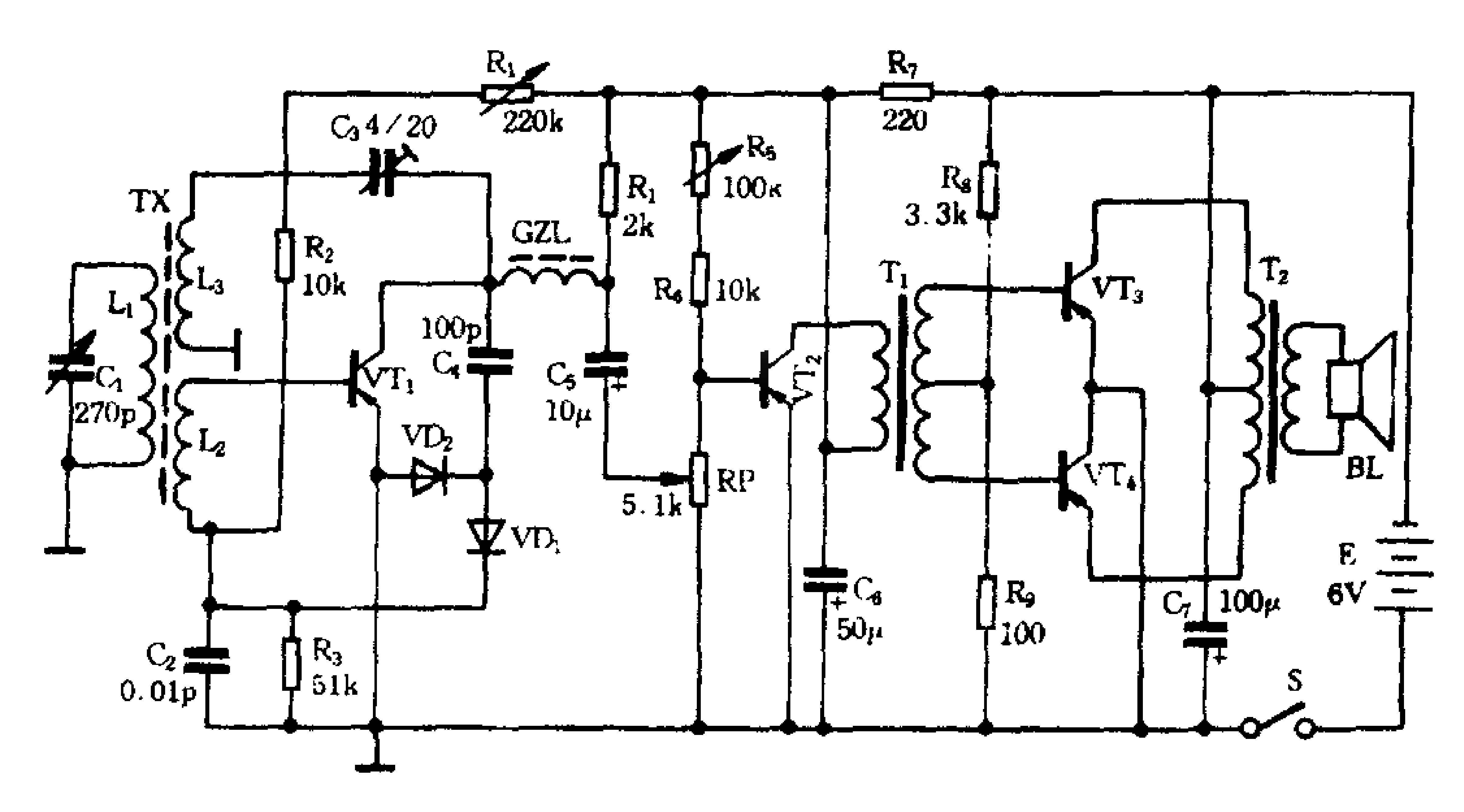


图 9－4 四管来复式再生收音机

高频扼流圈 GZL 阻止高频信号通过，使高频信号一路经 C_3 将部分信号耦合给 L_3，通过 L_3、L_2 的互感作用，回送到 VT_1 的输入端，进行再生放大；另一路经 C_4 送到倍压检波电路进行检波。检波后的音频信号，通过 L_2 又回到 VT_1 的基极，实现来复放大。放大的音频信号顺利通过对音频信号阻抗极小的 GZL，经 C_5 耦合给音频放大管 VT_2 继续放大。经 VT_2 放大的信号再经 T_1 耦合给 VT_3、VT_4 组成的推挽功率放大器进行功率放大，最后由输出变压器 T_2 输送给扬声器放声。图中 R_1、R_2、R_3 为 VT_1 的基极偏置电阻；R_4 是集电极负载电阻；R_5、R_6 和音量电位器 RP 为 VT_2 提供偏置；R_8、R_9 为 VT_3、VT_4 提供偏置。C_6、R_7、C_7 是电源滤波元件，用以防止收音机出现低频振荡叫声。电源由 6V 干电池供电。

二、超外差式晶体管收音机

超外差式收音机具有灵敏度高、选择性好等特点。目前，商品收音机大都采用超外差接收方式。

1. 什么是超外差式

超外差式是与直接放大式相对而言的一种接收方式。我们知道，当放大器输入端同时输入 f_1、f_2 两个不同频率的信号时，由于放大器非线性元件的作用，其输出端会产生 f_1、f_2、f_2-f_1、f_2+f_1 等许多不同频率的信号。这时，如果在放大器的输出回路接入一个 LC 谐振回路，并使谐振回路调谐在 f_2-f_1 的差频上，则放大器就会输出这个差频信号。这个过程，通常叫作混频。超外差式收音机基于这个原理，在机内设有变频器，变频器中的本机振荡器，可以产生一个等幅的本机振荡正弦波信号（简称本振信号），本振信号始终保持比外来输入的电台调制信号高出一个固定的频率。假定外来信号 $f_1=1000kHz$，本振信号 $f_2=$

1465kHz,则经变频后产生的差频信号 $f_2 - f_1 = 1465 - 1000 = 465kHz$。这个差频通常叫作中频;因为,它是比高频信号低,比低频信号又高的超音频信号,所以这种接收方式叫超外差式。经过超外差式接收,产生的中频信号还要经过中频放大和检波,才能解调出调制音频信号,实现放音。

我国调幅收音机的中频定为 465kHz;调频收音机的中频定为 10.7MHz。

为什么超外差式收音机要有一个变换为中频信号的过程呢?这是为了提高整机接收性能。因为中频信号比高频信号的频率低,有条件增多放大级数而不致产生高频自激振荡,同时对不同频率电台的信号均能获得比较均匀的放大量,使接收灵敏度大大提高。再有,输入电台信号与本振信号差出的中频信号可以在中频"通道"中畅通无阻,被逐级放大,而不需要的邻近电台信号和一些干扰信号与本振信号所产生的差频不是预定的中频,便被"拒之门外",因此,收音机的选择性也大为提高。此外,中频信号在检波前经过多级放大,检波器容易实现线性检波,可以减小失真,改善音质。

这里要提到的是,外来高频调制信号经变频后,只是载波频率变低了,而受声频调制的包络线不变,音频信号"换乘"在中频载波上,经检波后的音频信号仍与电台调制音频信号相同。

超外差式收音机也存在一些缺点,如中频放大器容易自激,存在一些特有的干扰等,需要采取一定措施克服。

2. 超外差式收音机的三个特有电路

图 9-5 是超外差式收音机的方框图。电路主要由接收天线、输入回路、变频电路、中频放大电路、音频放大电路及电源电路等部分组成,其中输入回路、音频放大电路及电源与直接放大式收音机的相应部分基本相同。下面主要介绍变频电路、中频

放大电路以及检波和自动增益控制电路。

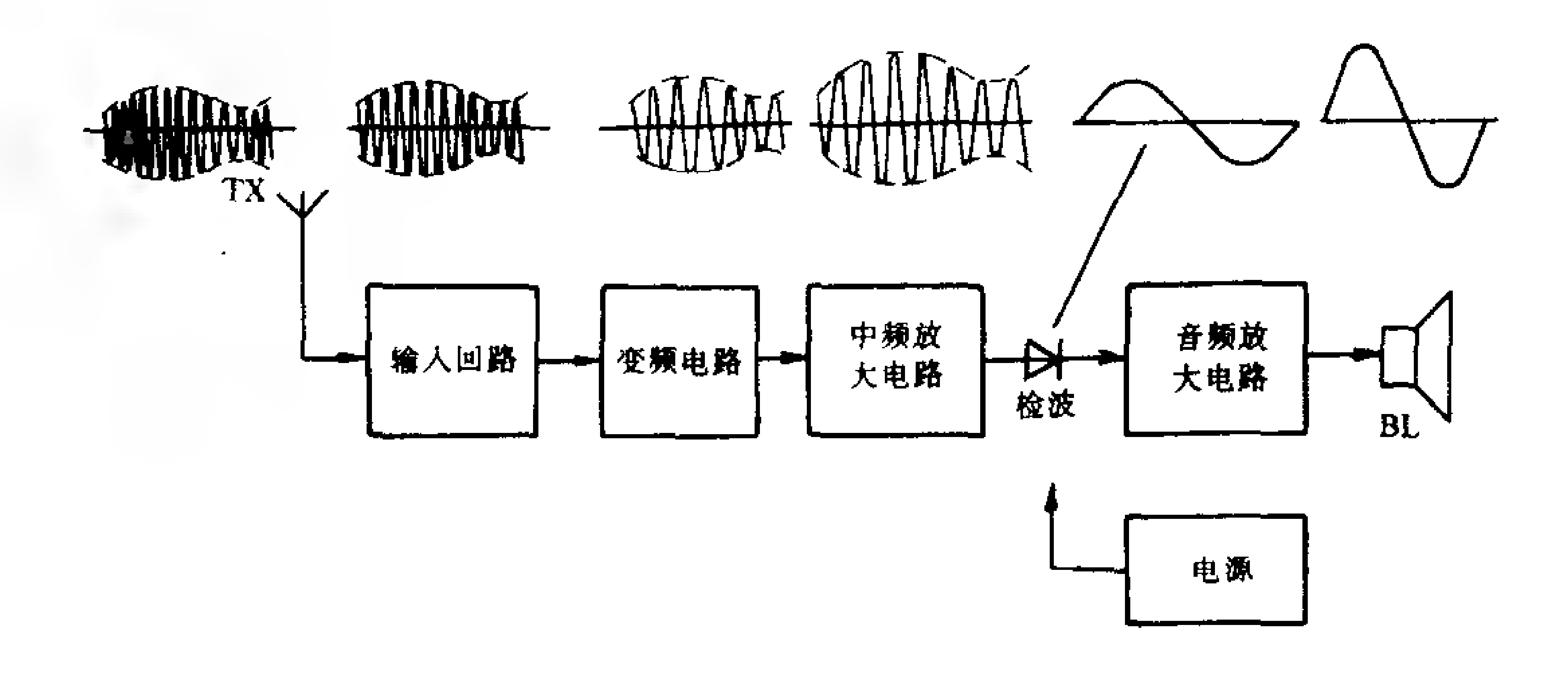


图9－5 超外差收音机方框图

变频电路 图9－6是收音机变频器的典型电路。图中VT是变频管，它兼有振荡、混频两种作用。本机振荡电路由振荡变压器（简称中振或短振）T、可变电容器 C_{1b} 等构成变压器反馈式振荡器。振荡频率主要决定于 L_4、C_{1b}；L_4、C_{1b} 振荡回路通过 C_2、C_3 接在VT的基极—发射极之间，自激振荡信号由反馈线圈 L_3 耦合给振荡回路，再由 C_3、C_2 回送到VT的基极—发射极之间，循环放大，形成振荡。由于 C_2 对振荡信号如同短路，VT基极交流接“地”，所以振荡电路是共基极方式。混频时，电台信号经 C_{1a}、L_1 谐振选频后，通过 L_1、L_2 的耦合送入VT基极，同时，本振信号通过 C_3 注入到VT发射极，两个信号在VT中混频，输出信号由于 C_4、L_5 的中频选频作用，得到差频信号，通过中频变压器 T_1 输送给中频放大级。由于 C_{1a}、C_{1b} 是同轴双连可变电容器，输入信号调谐频率改变，本机振荡频率也随之改变，从而保证本振频率始终高于输入信号一个中频，满足收音机对中频的要求。

变频器的振荡回路有时也可放在基极回路，如图9－7所示。这时电路是共发射极方式。为了避免晶体管低输入阻抗对

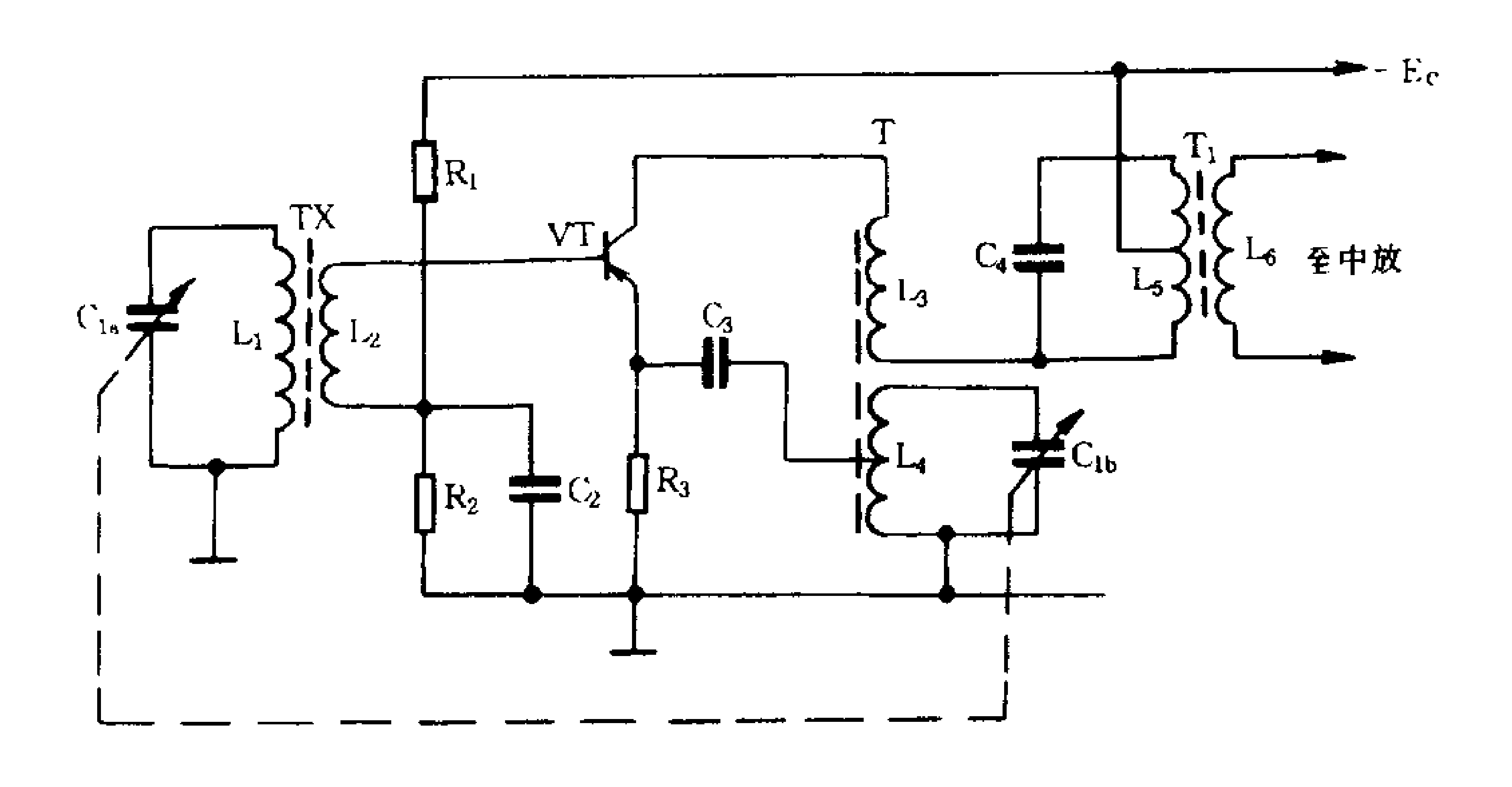


图 9－6　变频电路

振荡回路的影响，一般只接入振荡线圈 L_1 的一部分，提高 LC 回路的 Q 值，这样易于起振。共基振荡电路与共射振荡电路比较，在频率较高的短波段，前者要稳定得多。

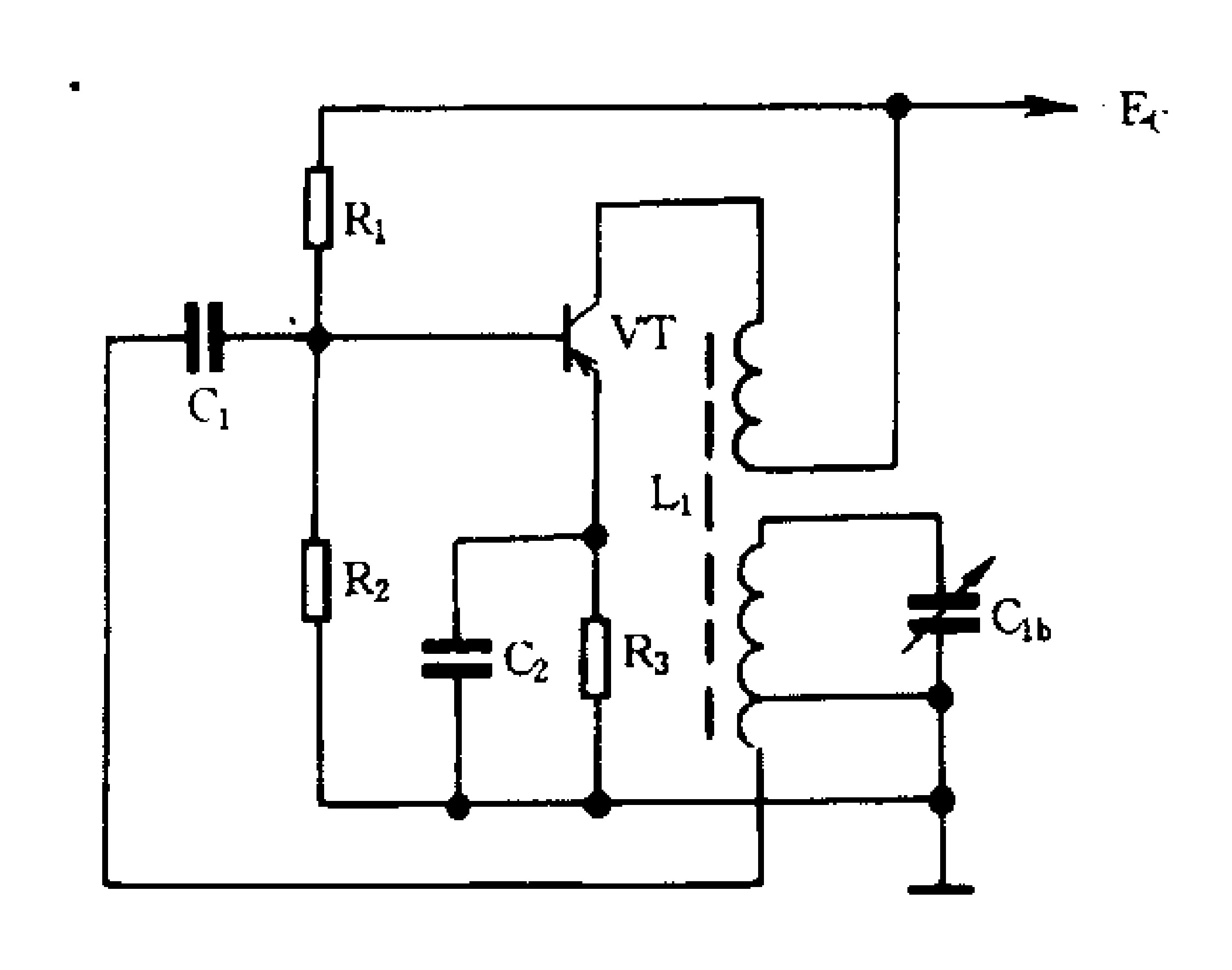


图 9－7　共发射极振荡电路

在一些较高级的收音机里，通常用两只晶体管分别完成振荡和混频任务。这种电路叫作混频器。混频器的特点是振荡管和混频管可以同时工作在最佳状态；振荡器与输入回路的牵连较少，因此电路工作稳定，噪声也较小。图 9－8 是收音机混频器的典型电路。图中 VT_1 为混频管，VT_2 为振荡管。由 VT_2 和振荡变压器 T_2 组成的变压器反馈式振荡器产生的振荡信号由 C_3 耦合给 VT_1 的发射极，同时，与 VT_1 基极输入的电台信号进行混频，混频后的信号由 VT_1 的集电极输出，并在集电极调谐式负载上谐振产生中频信号，完成混频过程。

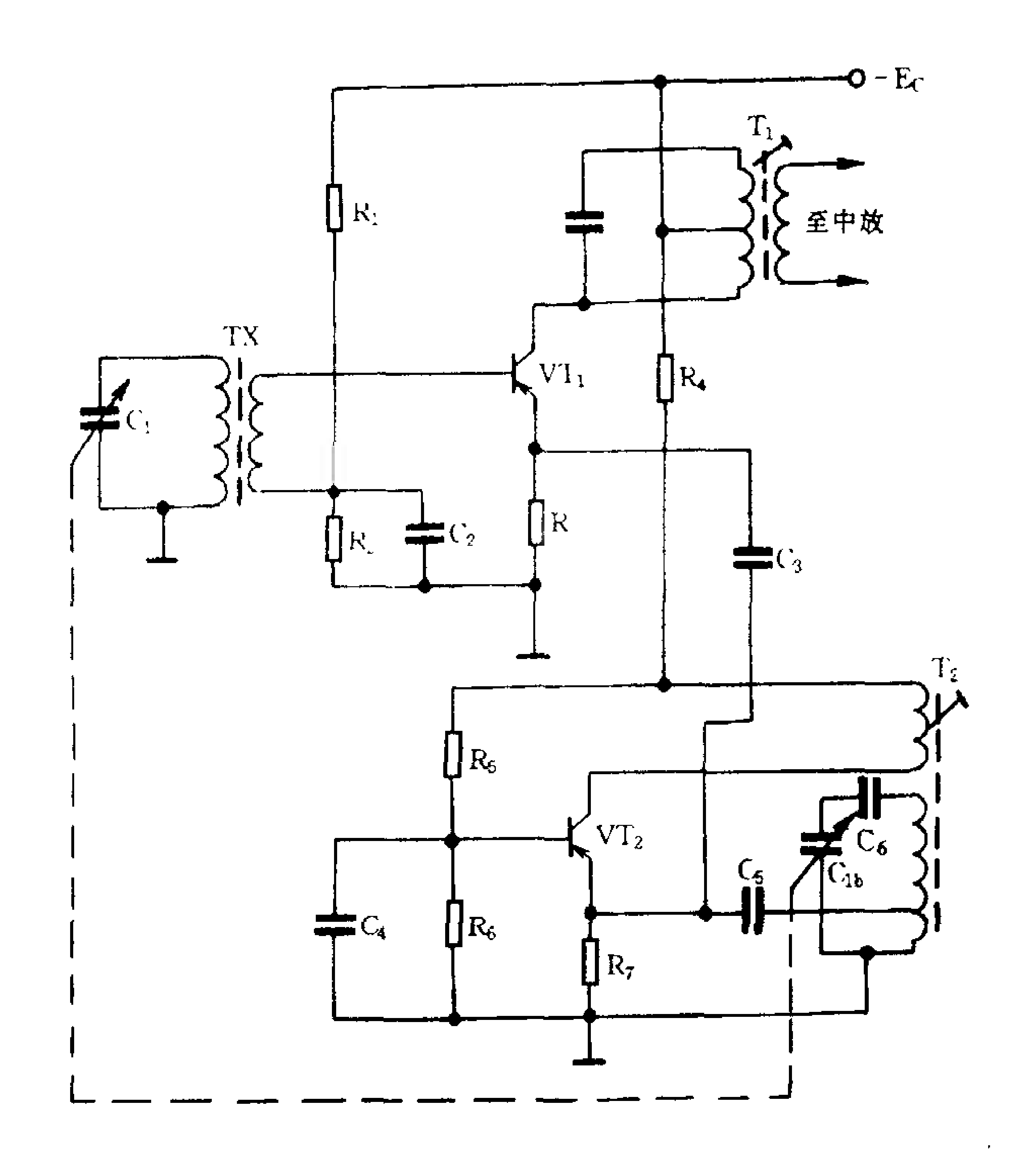


图 9－8 混频器

中频放大器 中频放大器(简称中放)是收音机的“心脏”部分。它对收音机的灵敏度、选择性及音质都有直接影响。中频放大器应具有增益高、稳定性好、选择性优良、通频带较宽的特点。收音机的中频放大器通常采用调谐式负载,具有调谐放大器的特性。中频放大器一般为 1～3 级,每级增益约在 25dB～35dB 左右。图 9－9 是一级中放的典型电路。图中晶体管为中频放大管,T_1、T_2 为中频变压器(简称中周),其初级线圈两端分别并联 C_4、C_7,构成谐振回路,谐振频率为 465kHz 中频。电路采用变压器耦合方式,效率较高。R_4、R_5、R_6 组成稳定的直流负反

馈式偏置电路。C_5、C_6 为中频信号提供通路；C_4、C_7 是谐振电容，采用的中周型号不同，其数值也不同，一般取 100pF ~ 510pF 左右。C_N 是中和电容，用以防止中放自激，其数值很小，需要在实验中调整确定。

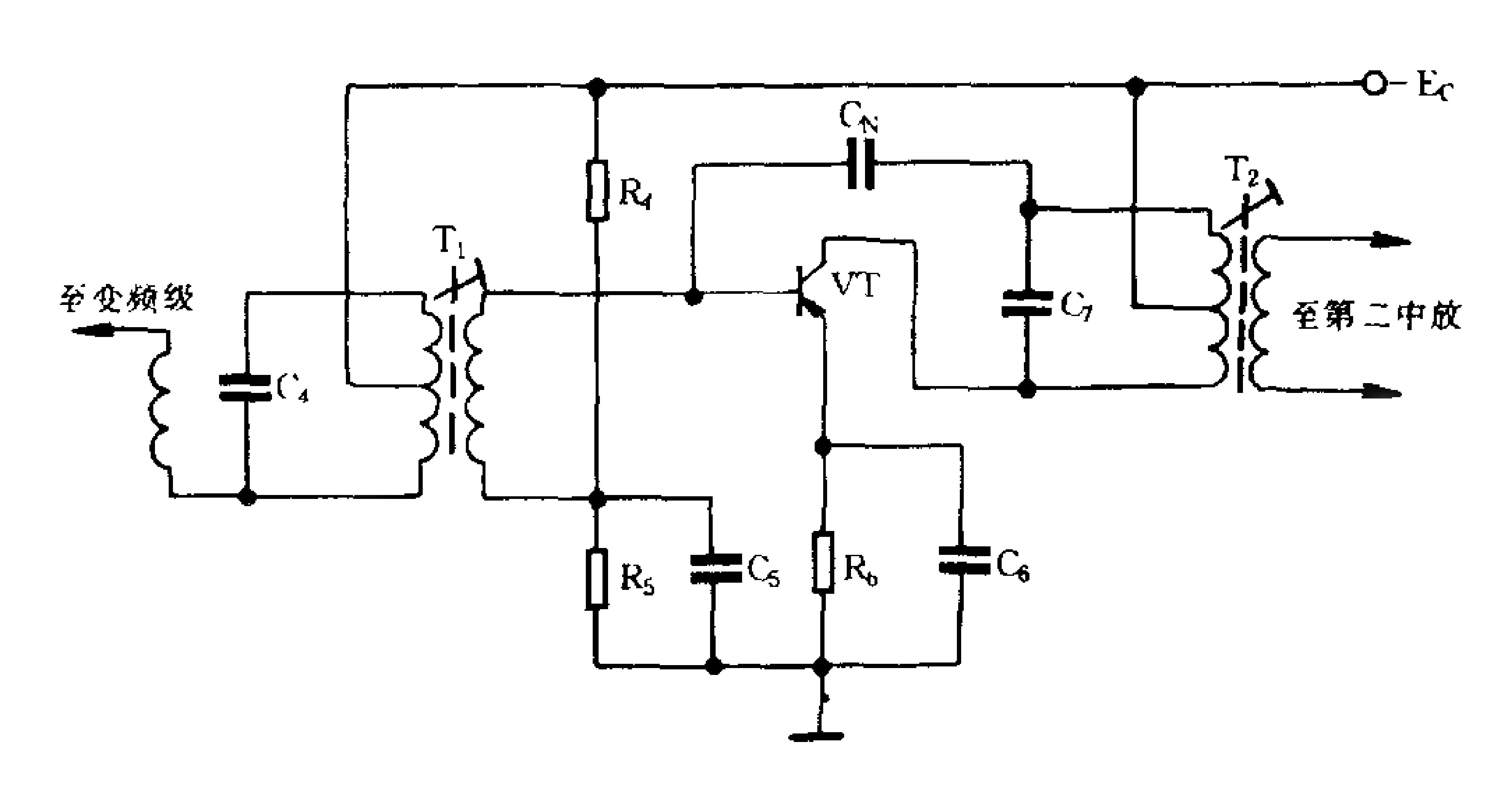


图 9-9　中放电路

收音机的中放电路根据性能要求可采取不同形式。图 9-9 的电路是单调谐放大形式。它的输出电路只有一个调谐回路，电路简单，调试方便，但其选择性和通频带不易兼顾。图 9-10 是输出、输入电路均采用调谐回路的双调谐中频放大器。

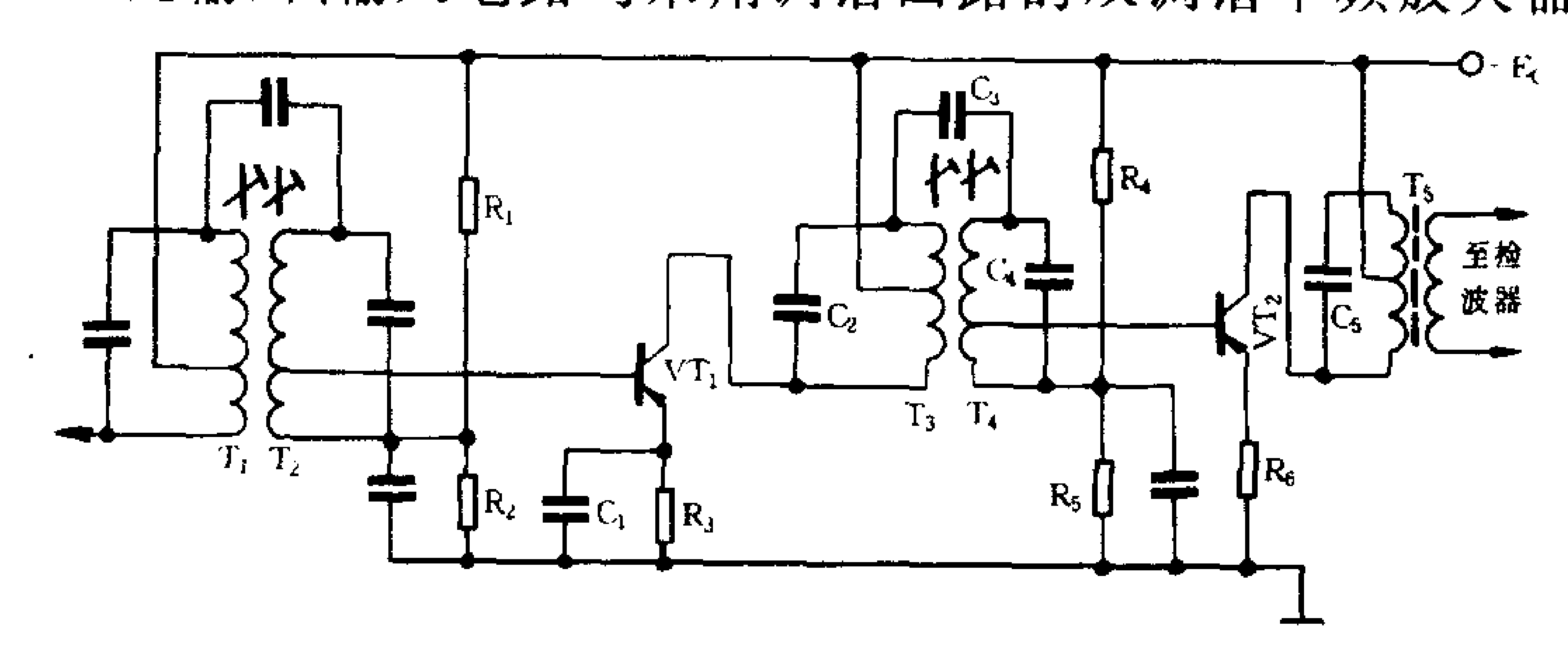


图 9-10　双调谐中放电路

前级输出调谐回路与后级输入调谐回路由外接电容 C_3 耦合(有的电路采用电感耦合)。这种电路具有良好的通频带和选择性。在一些收音机的中放电路中还广泛采用具有很高 Q 值的陶瓷滤波器来代替 LC 谐振回路。图 9-11 是采用二端和三端陶瓷滤波器的中放电路。图 9-11(a)中,VT 发射极电阻 R_e 两端并联一只二端陶瓷滤波器 2L465,它对 465kHz 信号呈现的阻抗极小,因此减小了 R_e 的交流负反馈作用,提高了中频增益和选择性。

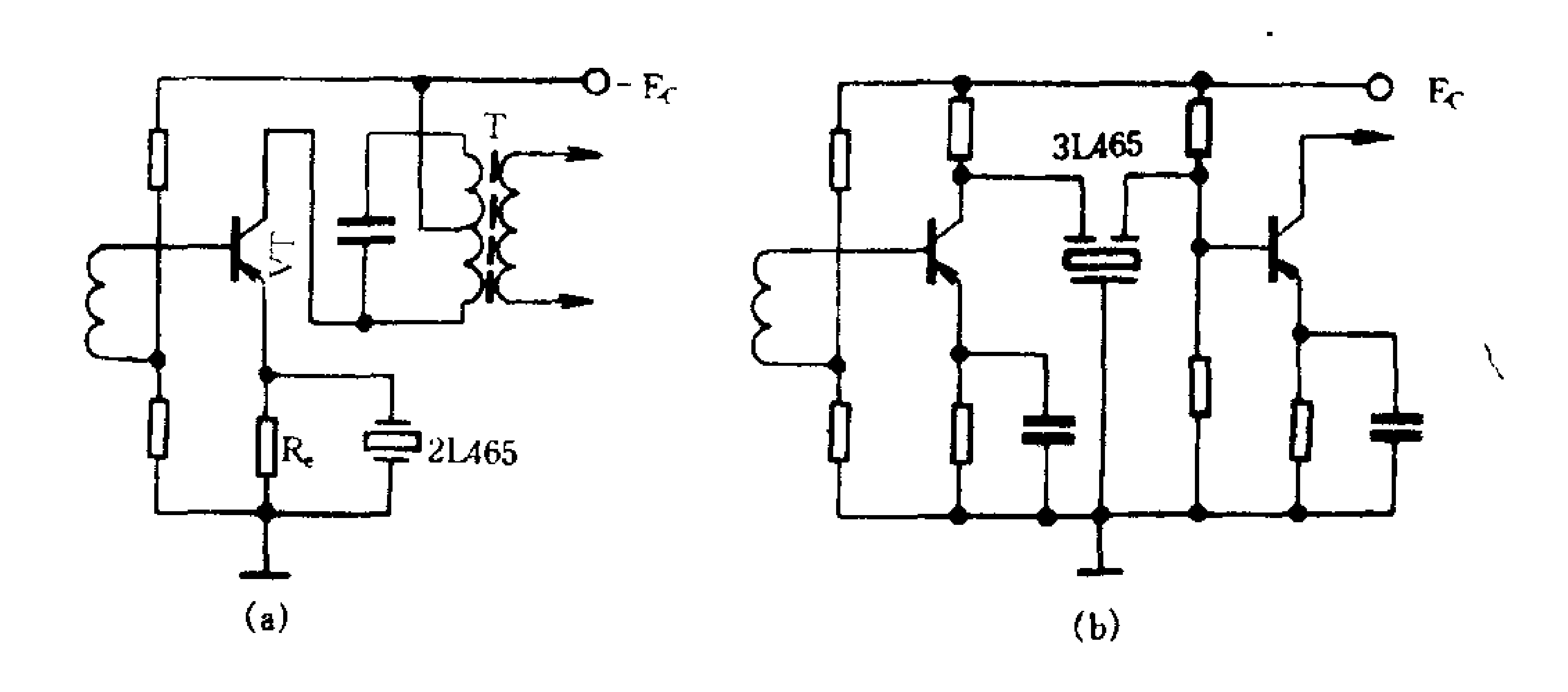


图 9-11 使用陶瓷滤波器的中放电路

图 9-11(b)的中放电路中,采用三端陶瓷滤波器 3L465 作为级间耦合元件。其性能优良,选择性及通频带均优于单调谐放大器。而且电路简单,不需要调试。

检波和自动增益控制电路　图 9-12 是典型的检波及自动增益控制电路。经中放各级放大的中频信号,通过中放末级中周 T_3 的耦合,送给二极管 VD 进行幅度检波,检波后的中频成分,被 C_{11}、R_{10}、C_{12}滤除,音频信号通过负载电阻 R_{10}和 RP,再经 C_{14}耦合给音频放大器放大,由扬声器还原出声音。另外,在检波后的输出信号中,还有一定的直流成分,它的大小与信号强弱成正比,可用来作为自动增益控制电流。

我们知道，广播电台信号有弱有强，收音机在接收强弱不同的信号时，音量会起伏变化。为使输出信号大小变化不致太悬殊，收音机加有自动增益控制（AGC）电路。AGC 电路可以使检波前的放大增益自动随输入信号的强弱变化而增减，以保持输出相对稳定。图 9－12 的 AGC 控制电流取自检波后的直流成分 I_D，I_D 的一部分电流 I'_D，经 R_{11}、C_{13}滤波后，送到第一中放管的基极（参看图 9－14）。由于 I'_D 与第一中放管的基极电流方向相反，使基极电流减小，第一中放级增益下降。输入信号越强，I_D 越大，其控制作用越强，反之控制作用减小。这种控制方法较为简单，但当外来信号很强时，I_D 可能很大，以致使被控管趋向截止而产生严重失真。为了加强 AGC 作用，有的收音机还加有二次自动增益控制电路（图 9－13）。这种电路通常称作阻尼二极管自动增益控制电路。电路由 R_5、VD_1、R_4、C_3 组成。C_3 对中频信号来说，阻抗极小，VD_1 负极如同交流接"地"；忽略电源电阻，则电源可视为对交流短路。这时相当于 VD_1 与 R_5 串联后，并联接在中周 T_1 的初级 1、2 端。从直流角度看，VD_1 与 R_5 串联后是和 R_4 并联的。当外来信号较小时，检波后的直流分量 I'_D 对中放管 VT_2 的控制作用小，VT_2 集电极电流较大，流过 R_4，R_4 两端产生的压降较大，其电压极性是上负下正，对 VD_1 来说是反向偏压，VD_1 内阻很大，它对 T_1 初级影响很小，不足以使 T_1 初级线圈的 Q 值

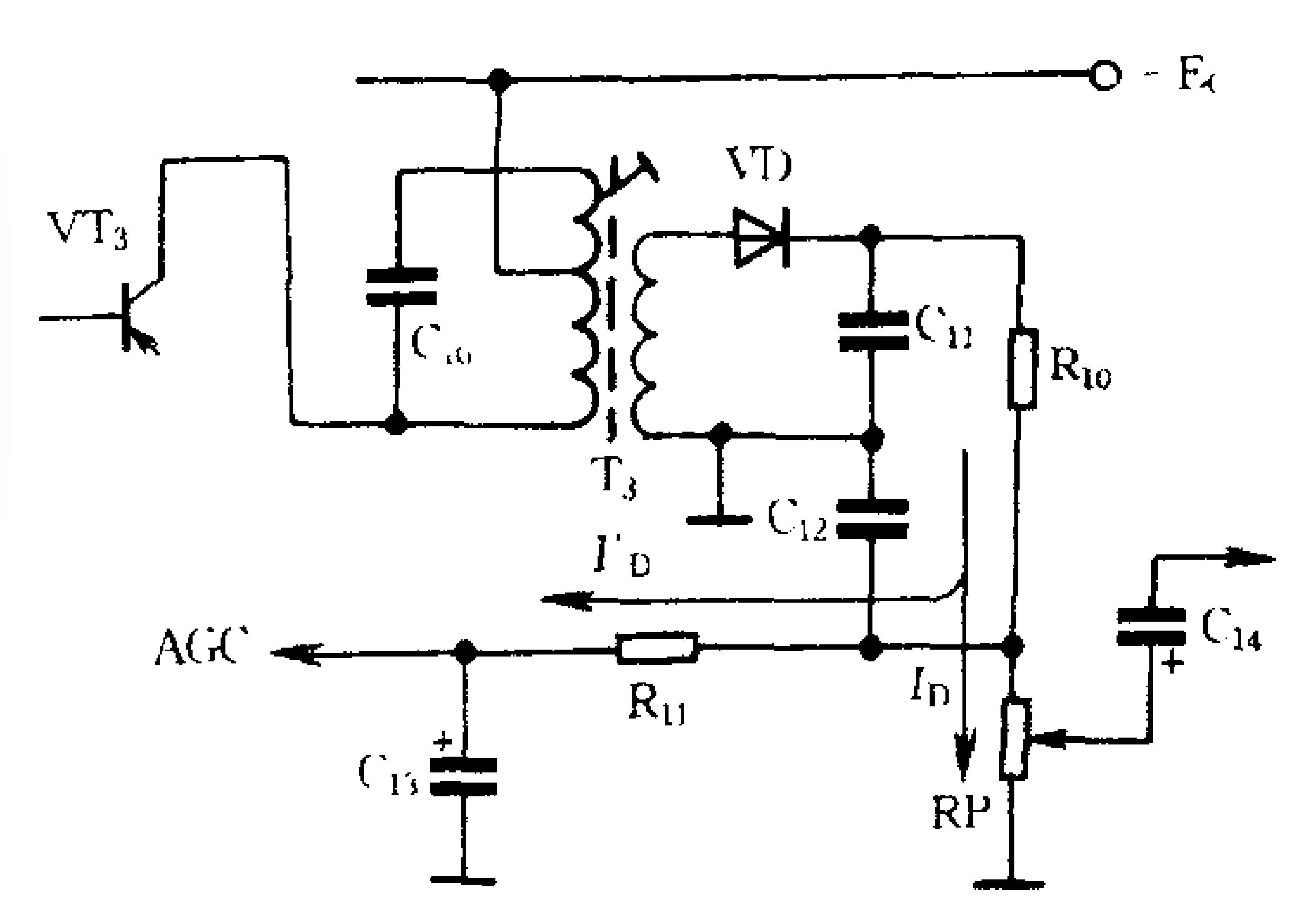


图 9－12　检波扩自动增益控制电路

下降，混频增益不变。当外来信号很强时，I'_D 增大，VT_2 受控，集电极电流几乎截止，R_4 上的压降近于零，VD_1 导通，内阻减小，VD_1 对 T_1 初级的并联作用加强，T_1 初级线圈 Q 值急剧下降，通带增宽而混频增益降低，抑制了强信号，避免了只用简单 AGC 控制方法可能出现的强信号阻塞失真。适当选择 R_4 的大小，可以控制二次 AGC 的强度。

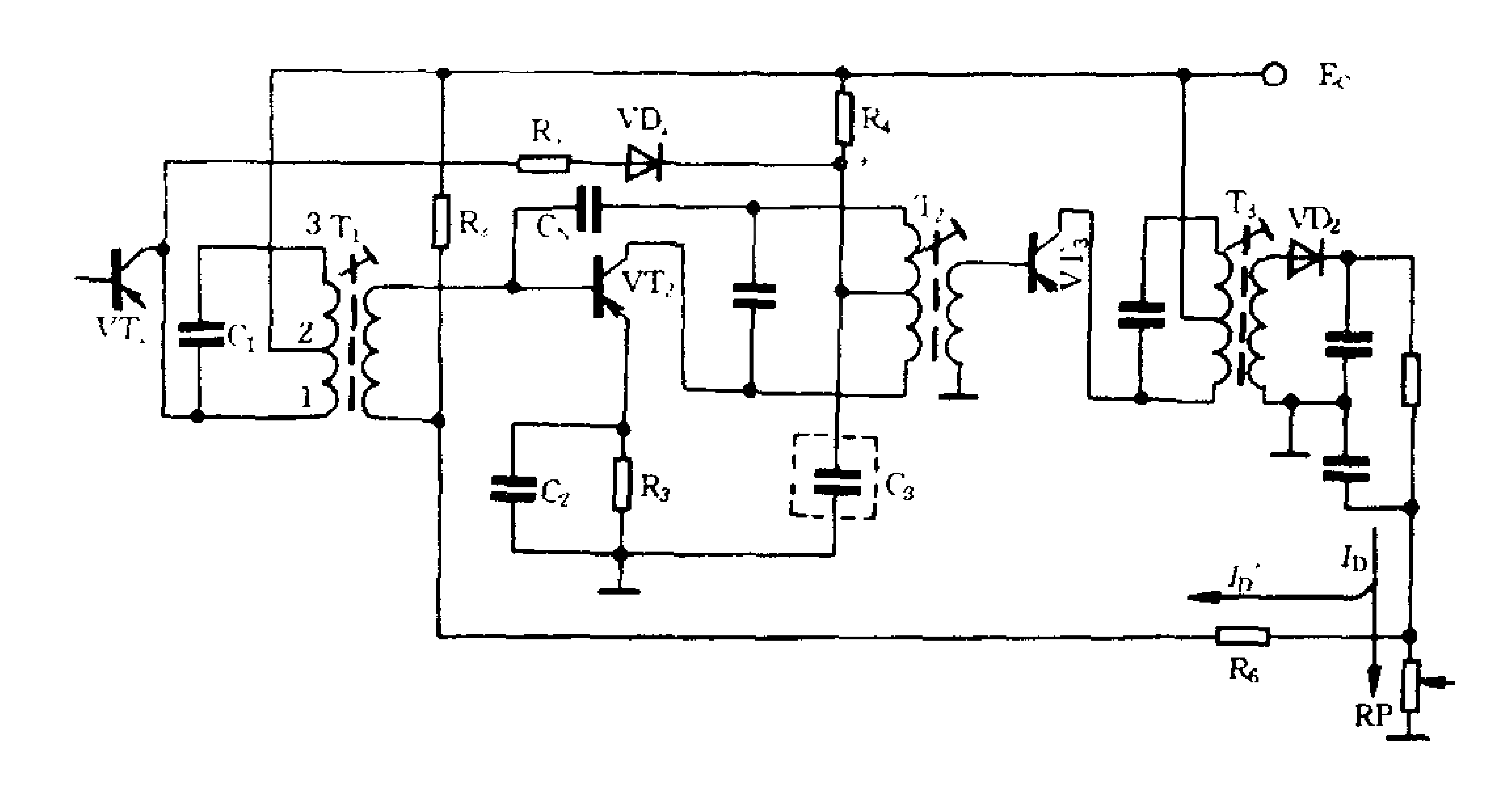


图 9－13　阻尼二极管 AGC 电路

3. 超外差式晶体管收音机的整机电路

图 9－14 是超外差式晶体管收音机的典型电路。其工作过程如下：由磁性天线 TX 接收的广播信号，先在 L_1、C_{1a}调谐回路选出所要收听的电台信号，然后通过 L_1、L_2 的耦合，将信号输入到变频管 VT_1 的基极，同时，本振信号从 VT_1 的发射极注入，混频后产生的 465kHz 中频信号通过第一中周 T_1 耦合给第一中放管 VT_2 的基极。放大的中频信号在第二中周初级谐振回路进一步选频，然后通过 T_2 的 L_8 耦合给第二中放管的基极进行二级中频放大。再次放大的信号先在第三中周 T_3 的初级谐振回路第三次选出中频；足够强的中频信号由 T_3 的 L_{10}，送给二极管

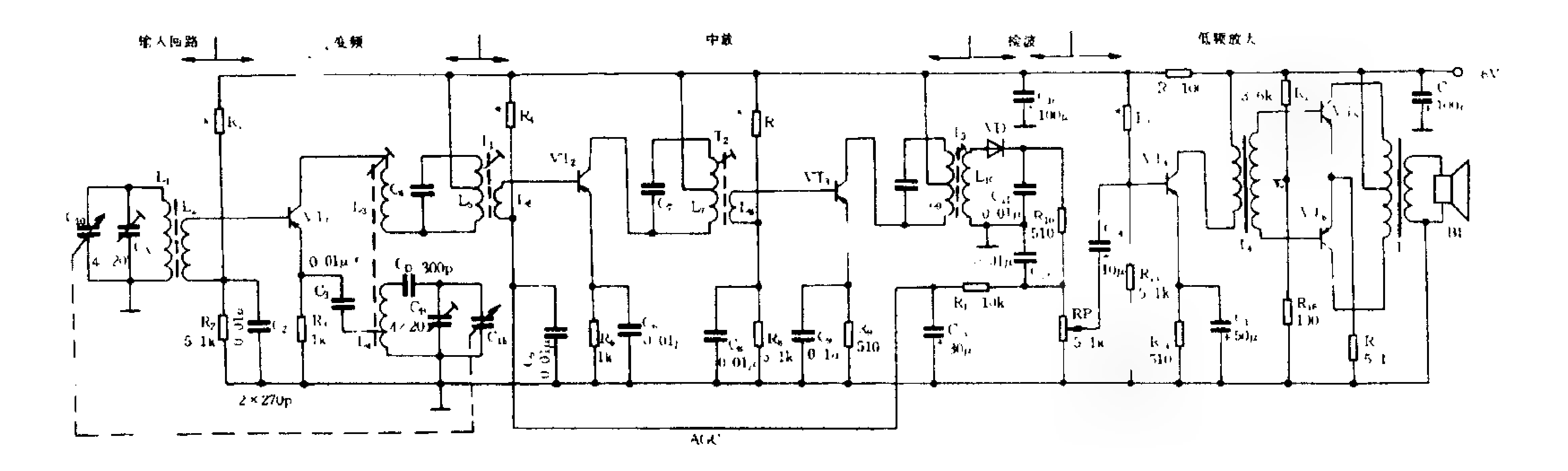


图9－14 超外差式晶体管收音机电路

VD 进行检波，检波后的音频信号，经音量电位器 RP 调节后，经 C_{14}耦合给音频放大器的 VT_4 进行电压放大，再由 VT_5、VT_6 进行功率放大，输出音频功率，推动扬声器放音。另外，检波后的直流分量的一部分，经 R_{11}，C_{13}滤波，通过 L_6 去控制第一中放管 VT_2 的增益，达到 AGC 控制目的。图中 R_1、R_2、R_3、R_4、R_6、R_7、R_8、R_9、R_{12}、R_{13}、R_{14}、R_{15}、R_{16}、R_{17} 分别构成 VT_1、VT_2、VT_3、VT_4、VT_5、VT_6 的直流偏置电路。C_2、C_5、C_6、C_8、C_9 为高频旁路电容，C_{15}为低频旁路电容。R_5、C_{16}、C_{17}为电源滤波元件。输入回路中的 C_A，变频器振荡回路中的 C_B、C_D，都是为调整频率覆盖范围和最后统调而设的。C_A、C_B 叫补偿电容，C_D 叫垫整电容。C_{1a}、C_{1b}双连电容器及 C_D 值固定以后，收音机某一波段频率范围的低端覆盖主要由天线线圈 L_1 和振荡线圈 L_4 的电感量决定；高端覆盖主要由 C_B、C_A 的容量决定。为了统调的方便，L_1 的位置和 L_4 的电感量均是可调的，而 C_A、C_B 多采用半可变电容器。

音频放大部分，根据收音机对输出功率及音质的要求，可以采用各种不同的音频放大电路。

多波段收音机工作原理与中波收音机完全相同。波段的转换，大多靠手动多掷多刀开关来切换相应波段的输入回路线圈、振荡回路线圈和补偿电容、垫整电容来完成。图 9－15 是一种两波段收音机的变频电路。图中 S_{1-1}、S_{1-2}、S_{1-3}、S_{1-4}是连动的波段开关。L_1 是中波输入回路谐振线圈，L_2 是短波输入回路谐振线圈；$L_{中}$ 是中波振荡线圈，C_7 是中波垫整电容，C_1、C_6 是中波补偿电容；$L_{短}$ 是短波振荡线圈，C_2、C_8 是短波补偿电容，C_9 是短波垫整电容。多波段收音机的变频管或振荡管的工作频率较高，应选用截止频率高的晶体管。

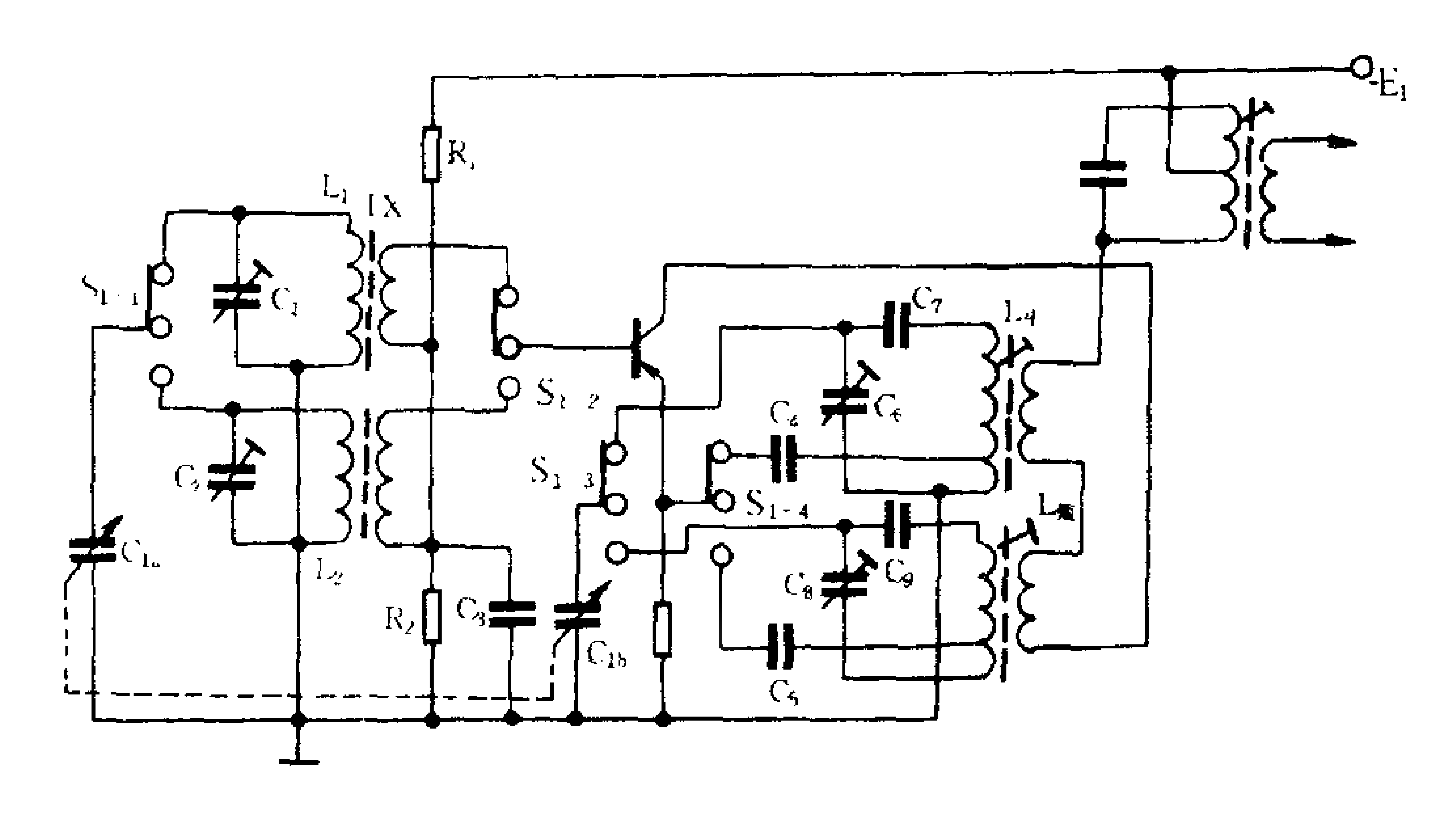


图 9－15 二波段收音机变频电路

三、调频收音机

自 1941 年 5 月美国首先实现超短波调频广播以来，调频广播以其频带宽、音质好、噪声低、抗干扰能力强等突出优点而使调幅广播相形见拙。因此，世界各国争相发展，调频广播技术日趋成熟。1961 年开始又实现了调频立体声广播。调频广播使用超短波段，88MHz～108MHz 定为调频广播的国际标准频段。调频收音机一般采用超外差式接收，中频为 10.7MHz。

1．调频广播的特点

我们知道，调幅广播是用音频调制载波的振幅，振幅随音频信号变化，载波频率不变。调幅广播，电台间隔小，接收机通带窄，保真度不高；加以调幅收音机抗干扰能力差，密集的电台信号及其它干扰信号“鱼龙混杂”，差拍及串音干扰严重。而调频广播采用载波频率随调制声频信号变化而幅度不变的调频方式。调频波在声频信号正半周时，频率增高而波形变得紧密；音频信号处于负半周时，频率降低波形变得疏松，波形疏密相间随声频调制信号的变化而变化。载波受调制后的频率变化量叫作

频偏。频偏的大小与调制信号的幅度成正比。一般调频广播的最大频偏规定为 ± 75kHz，所以每一个电台最少要占用 150kHz 的频谱空间（图 9－16）。为了留有余量，每一电台要有 200kHz 的通带范围。为了在调频波段容纳较多的电台，调频广播要使用超短波发射。调频广播主要有如下优点：

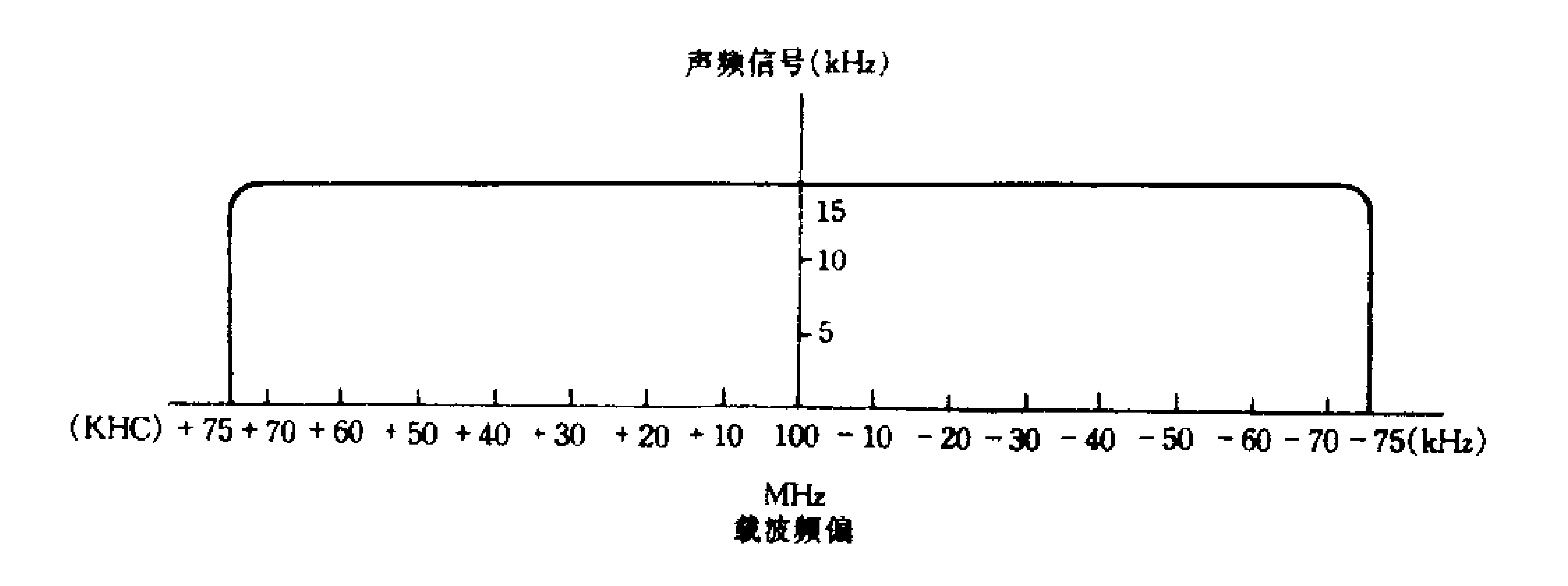


图 9－16　频率为 100MHz 的电台频谱分配

抗干扰性能强　空间各种干扰信号多以幅度调制"混入"广播信号电波中。调幅波受到干扰信号调幅，在接收机中很难去除。而调频收音机都设有限幅器，可以将受到干扰信号调幅的调频波上、下"切"齐（图 9－17）而消除干扰。另外，超短波为视距传播，受各种空间干扰的机会少得多，所以调频收音机声音清晰，噪音很小，信噪比大大提高。

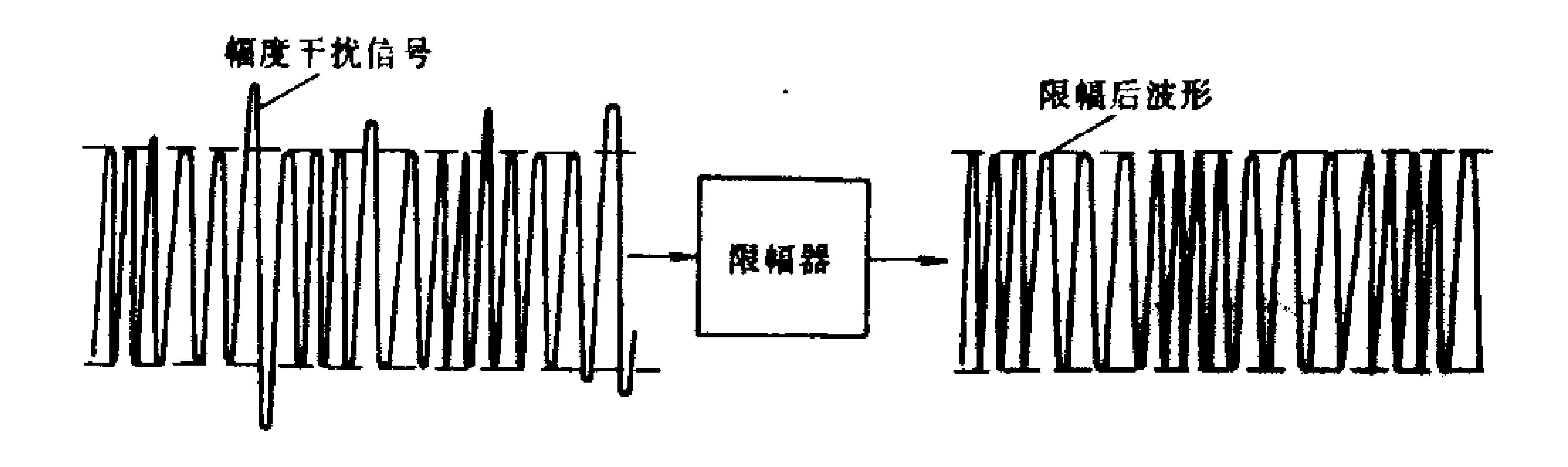


图 9－17　限幅作用示意图

频带宽，保真度高、调幅广播受到频道间隔的限制，收音机

通频带最高不过7kHz，普通收音机只能达到3kHz～4kHz，高音衰减，音质发闷，缺少层次感。而调频收音机的通带达180kHz，放音频响可以达到30Hz～15000Hz。虽然人耳可闻频率范围为20Hz～20000Hz，但30Hz～15000Hz的放音频响，也可以跻入高保真之列了。调频收音机音质优美，高音丰富，层次分明，具有很高的保真度。

调频广播方式的缺点是传输距离短，占有频带宽，接收机电路较调幅收音机复杂一些。

2. 调频收音机的电路结构

调频收音机有超再生和超外差两种接收方式。超再生调频机灵敏度低，工作不稳定，目前已极少使用。下面主要介绍超外差式调频接收机的基本电路结构。图9－18是超外差式调频接收机的方框图。调频超外差式收音机与调幅超外差式收音机电路结构基本相同。不同的是调频机工作频率高，输入阻抗较低，选择性较差，一般需在变频前增加一级高频放大，以提高抗干扰能力。输入回路和高放、混频、本振组成调频调谐器（或称调频高频头）。调频头的本机振荡在普及机中由变频管兼任。高级机一般采用独立的本机振荡器。中放电路为了提高接收灵敏度，一般需2～4级。中放通常带有限幅特性，用以对干扰信号

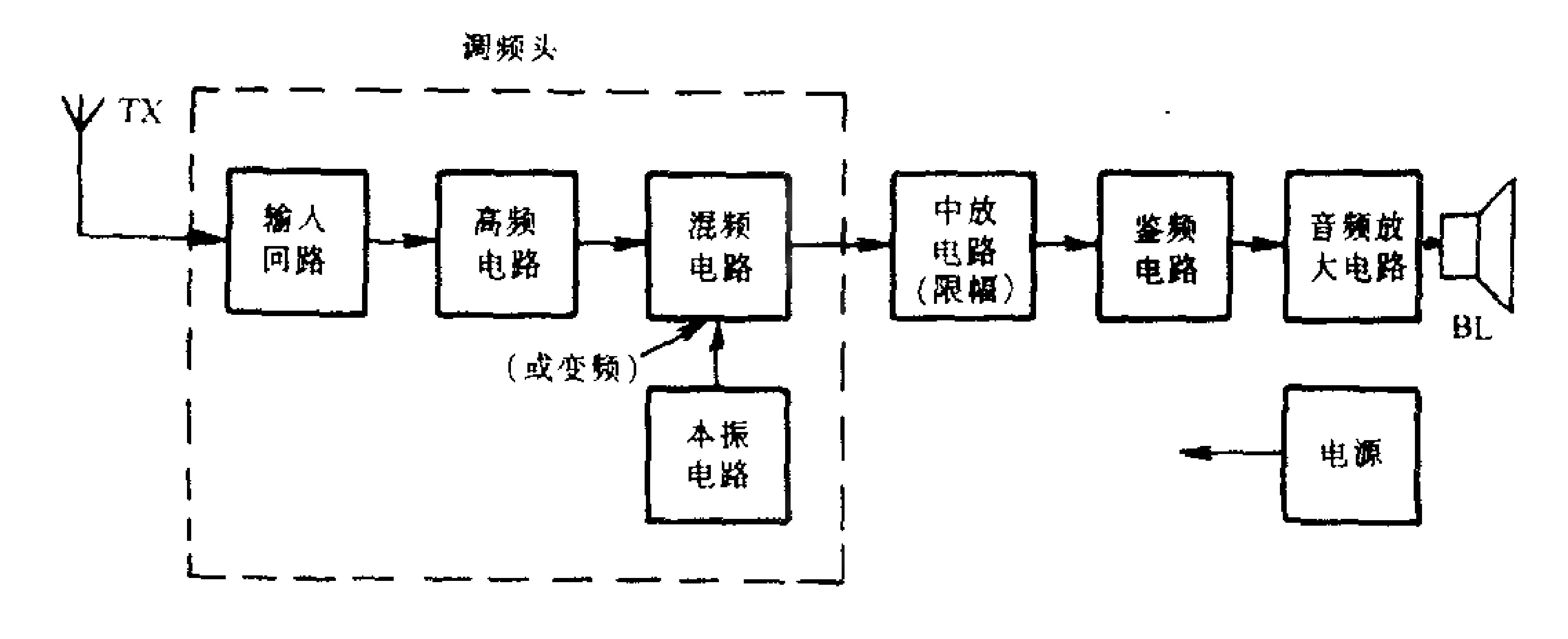


图9－18　超外差式调频收音机框图

的寄生调幅进行削波。解调电路大都采用具有限幅作用的比例鉴频器。为了提高整机的稳定性，有的机型还附加有自动频率控制电路(AFC)和自动增益控制电路(AGC)。调频机对音频放大器和放声系统的频率响应及失真度等指标的要求也比调幅机高得多。下面主要介绍调频头，中放及鉴频电路。

调频头电路　图9－19是普及机用的双管调频头电路。图中VT_1为高频放大管，VT_2为变频管。两管均为共基极连接方式，有高频特性好、工作稳定的优点。高放输入回路采用不调谐方式，因此回路应具有带通特性，用以保证88MHz～108MHz的信号顺利通过。L_1、C_2组成的并联谐振回路有载Q值很低，其谐振曲线很不尖锐，中心谐振频率一般取98MHz左右，有意提高统调容易失调的频段中端的灵敏度。天线接收到的调频电台信号通过C_1进入输入回路，然后由C_3耦合给高放管VT_1进行高频放大，在VT_1集电极调谐负载L_2、C_{5a}回路上选出所需要的电台信号。信号由C_8耦合给变频管的输入端；同时由L_4、C_{5b}等元件和VT_2组成的共基极电容反馈式振荡器产生的本振信号，

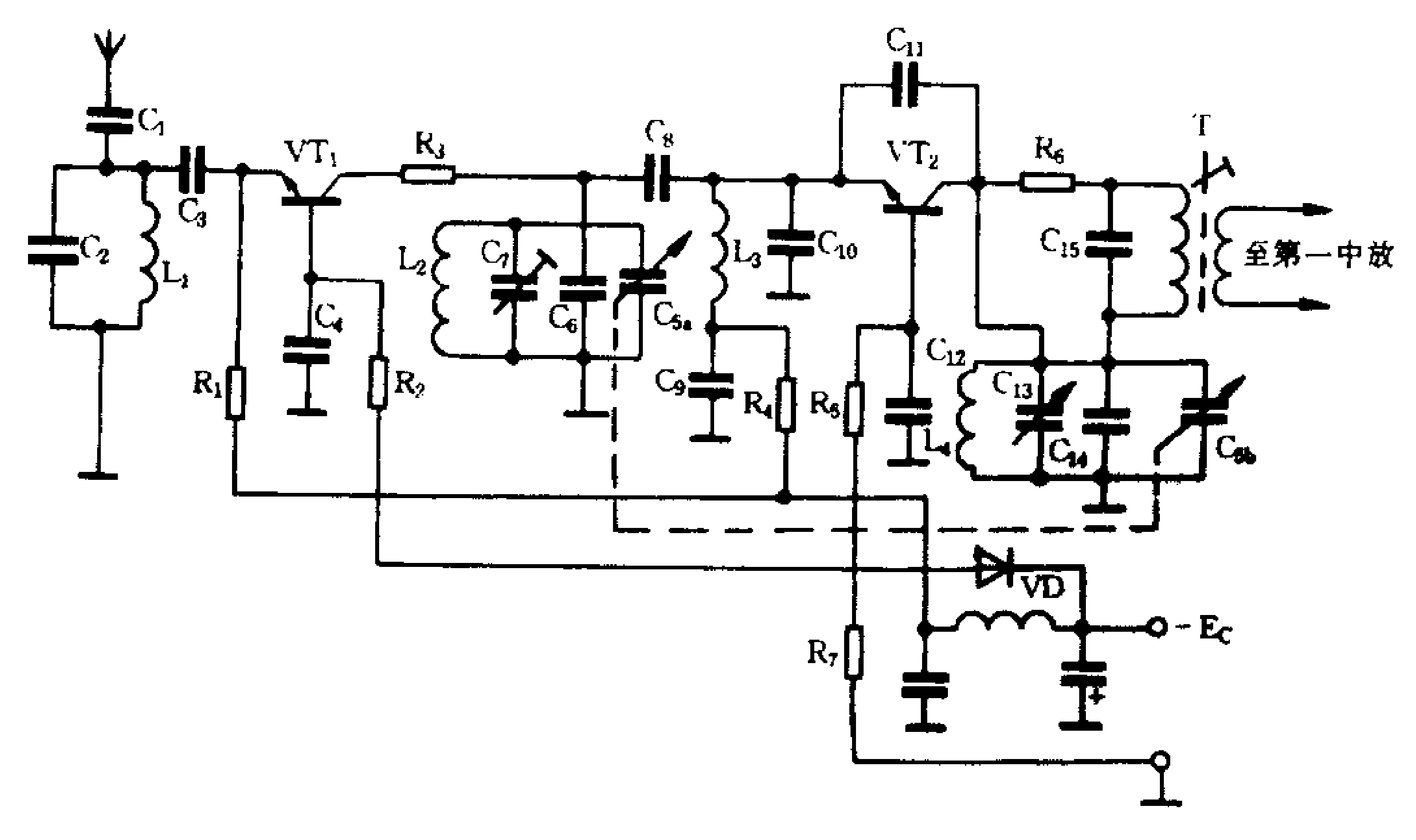


图9－19　双管调频头电路

通过反馈电容 C_{11}输送到 VT_2 的输入端，与输入电台信号混频。经变频后产生的中频信号通过中频变压器 T_1 耦合给第一中放管进行中频放大。图中 L_3、C_9 构成中频陷波器，用来抑制外来中频信号的干扰。R_1 是 VT_1 的发射极电阻，R_2 是 VT_1 的基极偏置电阻，为 VT_1 提供稳定的偏置。R_4、R_5 组成的偏置电路，为 VT_2 提供偏置。C_4、C_{10}、C_{12} 为高频旁路电容。R_3、R_6 起稳定作用。R_7、VD 为稳压电路。

双管调频头电路较简单，但本振、混频工作状态不易兼顾。一般中、高档调频收音机多采用具有独立本机振荡器的调频头。图 9－20 是一种具有独立本机振荡器的三管调频头电路。图中 VT_3 是专用的振荡管，L_4、C_{1b}(及 C_2、C_3)为振荡回路，本振信号通过 C_4 输送到调频管 VT_2 的基极，与高放信号进行混频。中频信号由 VT_2 集电极调谐回路取出。VT_1、VT_2 接成共发射极电路。

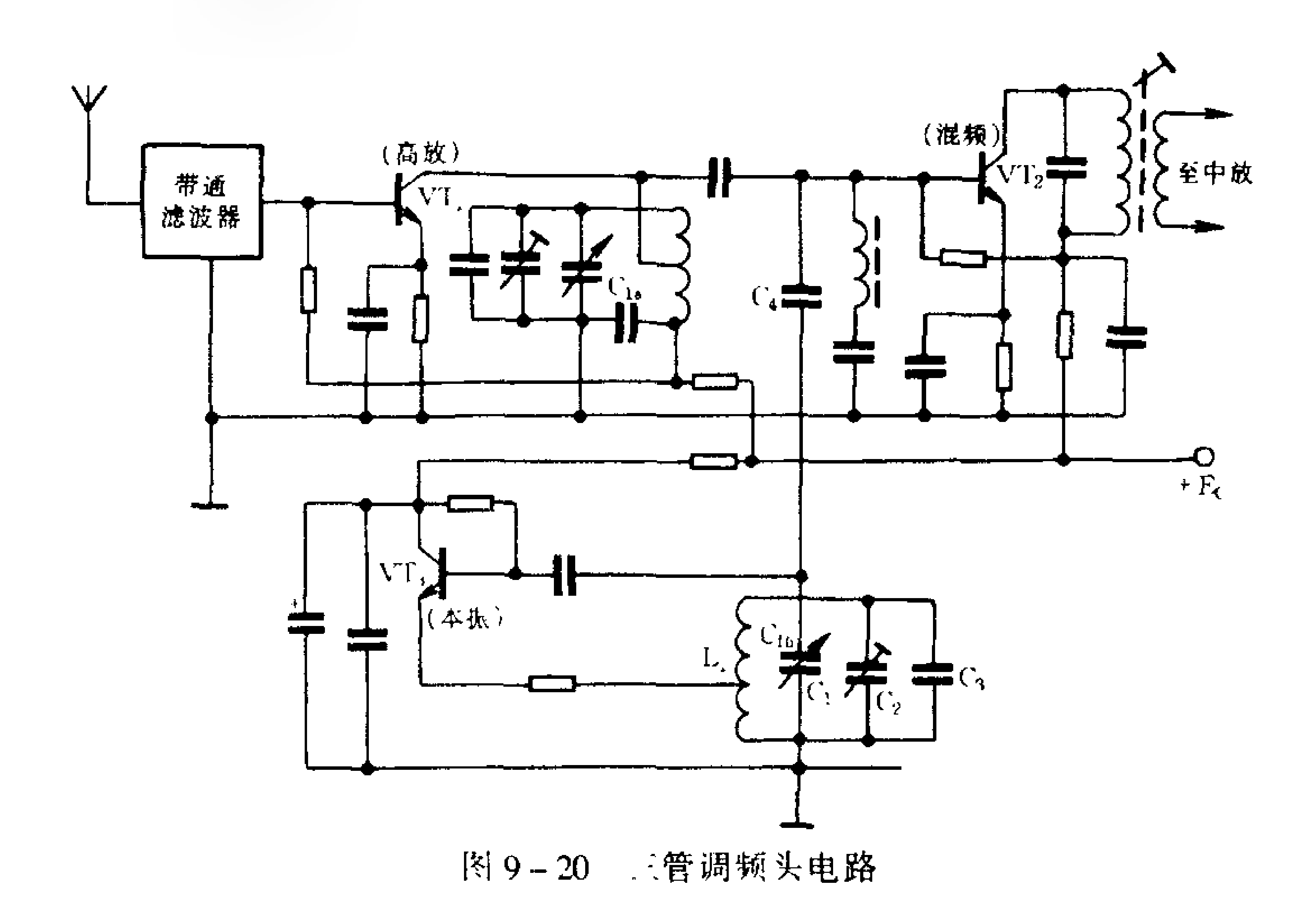


图 9－20　三管调频头电路

中放电路　调频中放电路与调幅中放电路在结构形式上基

本相同。一般普及型机，调频、调幅(FM/AM)可以兼用一套中放电路，组成调幅调频两用收音机。图9-21是常用的两用机中放电路。图中VT_3、VT_4、VT_5是调幅、调频共用的中放管。调幅中放为两级，调频中放为三级。T_1、T_2、T_3、R_4是调频中周，其谐振频率为10.7MHz；T_5、T_6、T_7是调幅中周，其谐振频率为465kHz。调幅、调频中放的工作频率相差很远。调幅中频回路的电容较大对调频来说阻抗很小，而调频中频回路的线圈电感对调幅来说阻抗也很小，所以T_2和T_5、T_3和T_6、T_4和T_7分别串联而互不"干扰"。调频中放采用级数较多，可以使增益尽量高一些。这主要为了提高中放的限幅性能。限幅作用是利用晶体管调谐放大器的饱和与截止来实现的。限幅放大是有意使放大器过载。当增益很高的输入调频信号的电压幅度超出晶体管放大区而进入饱和区和截止区时，其集电极电流会出现削波现象。由于调谐放大器是以谐振回路为负载的，限幅后的调频波会通过谐振回路取出基波，其原有的频率变化规律和波形不变，只是幅度被限制了，寄生调幅的干扰信号被抑制，收音机的信噪比大大提高。调频机的限幅中放通常在鉴频器之前。限幅器要求有合适的门限电压，晶体管的工作点要选择恰当。图中各元件作用与调幅中放电路基本相同。不同的是各中放管的集电极都串联了一只电阻。它们的作用，是减小信号大小变化时，晶体管阻抗变化对调谐回路参数的影响。另外，对抑制放大器自激，保证放大器稳定工作也有一定作用。

调频中放电路形式很多。双调谐中放电路及陶瓷滤波器中放电路在中、高档机应用较多。有的机型在第一中放和第二中放之间加一级射极跟随器隔离，以提高第一中放增益和防止中放自激。这里就不一一介绍了。

鉴频电路　图9-22是常用的不平衡式比例鉴频器电路。

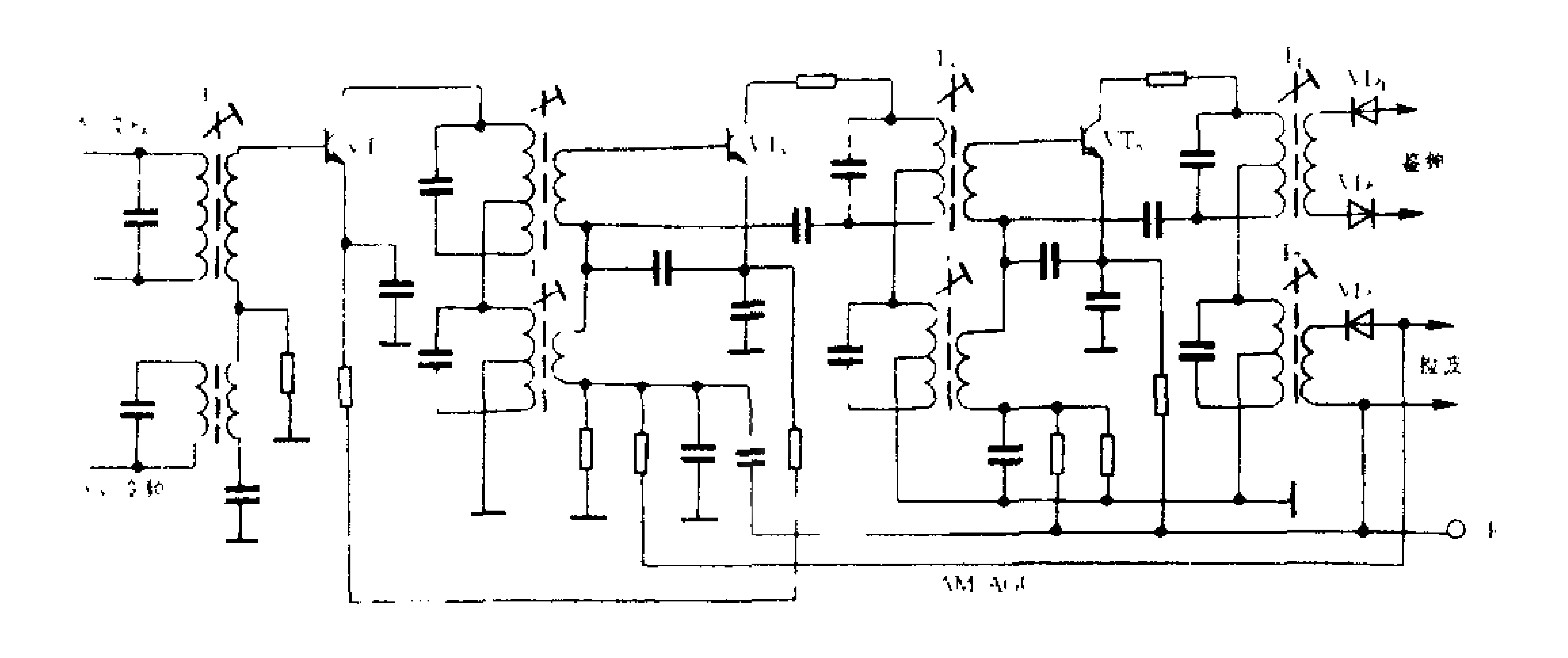


图 9-21　FM/AM 中放电路

它由 T_8 及二极管 VD_1、VD_2 等元件组成。经中频放大的调频信号通过 T_8,频偏变化变为幅度变化。与调制音频信号变化规律相同的这个幅度变化,送给 VD_1、VD_2 进行幅度检波。检波后的音频信号由 T_7 的次级输出。R_4、C_3、R_5、C_4 是为削减高频噪音而设。R_1、R_2 分别与 VD_1、VD_2 串联,以减小两只二极管特性的不平衡。电解电容 C_2 主要起限幅作用。

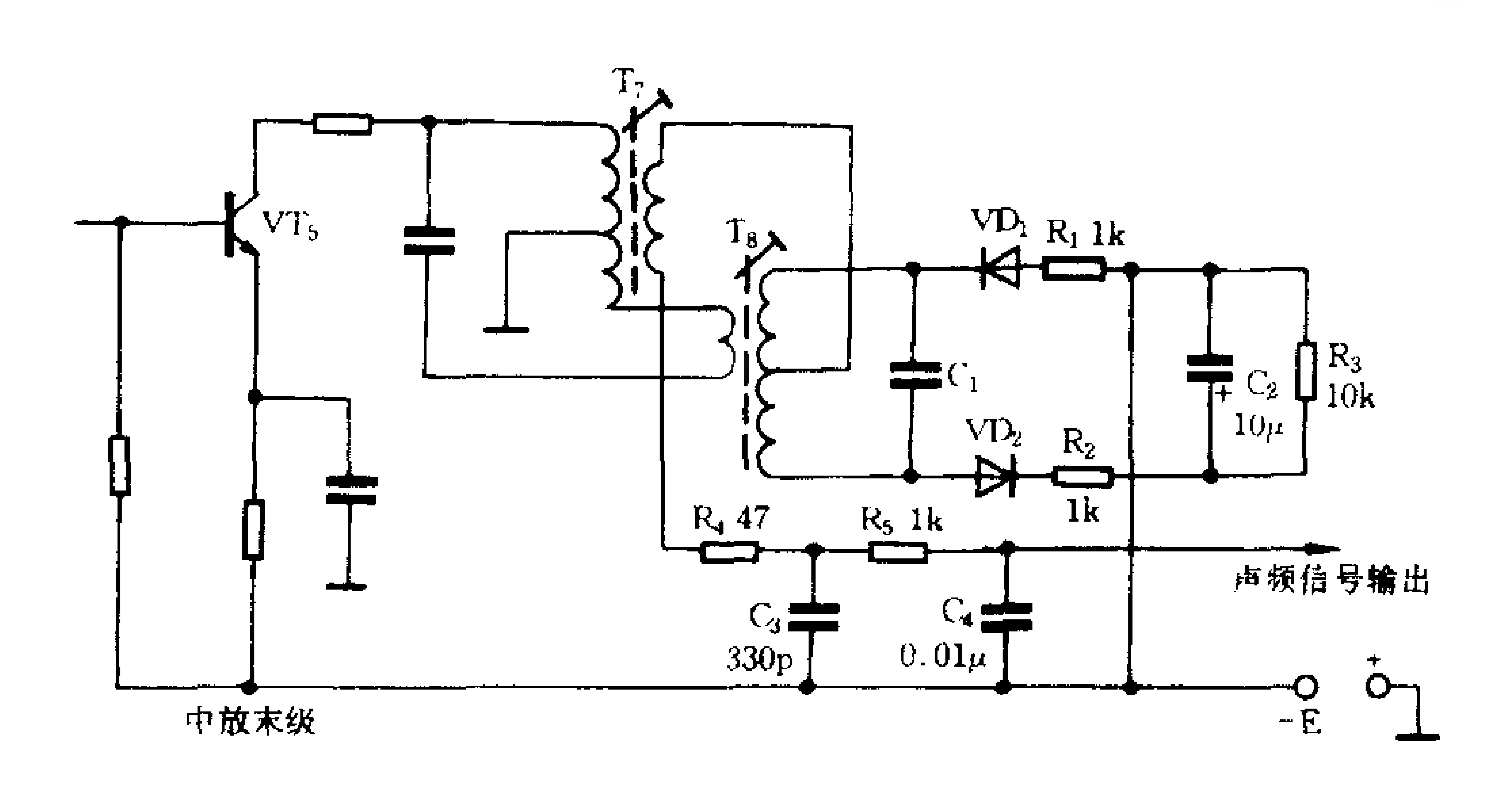


图 9-22　鉴频电路

调频与调幅收音机的各单元电路都已介绍过,图 9-23 是调频调幅收音机的整机电路。其中 AM 变频电路,音频放大部

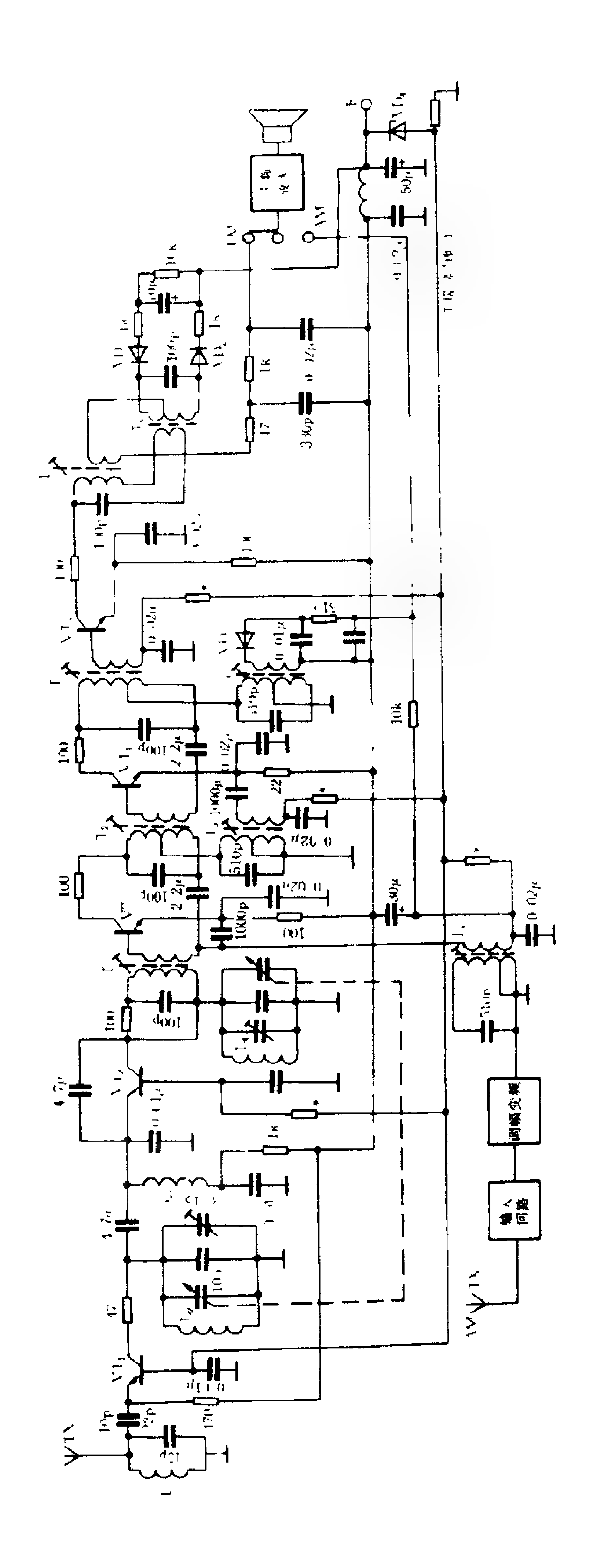


图 9－23 FM/AM 收音机电路

分从略。该电路中波调幅和超短波调频的高频部分是各自独立的，中放部分共用，鉴频和检波输出通过开关转换。

四、调频立体声收音机

1. 什么是立体声

前面介绍的各种收音机电路，都只能重放一个通道的音频信号节目，因为广播电台所发射的信号就是单声道音频信号所调制的信号。单声道放声时，声音来自一个方向，声源是一个点，听者感觉不出声音的方位感，展开感，也就是立体感。人的听觉具有敏锐的方向感。当我们在倾听某一声源发出的声音时，两耳接收声波会有一定的时间差、声强差和相位差。双耳感觉上的这些差别，使我们具有了声像定位的能力。比如我们坐在听众席欣赏舞台上交响乐团的演出，可以准确判断出各种乐器、各个声部的位置；对乐队的宽度感、深度感及分布感很明显。人耳的这种效应称为“双耳效应”。“双耳效应”是我们享受立体声的得天独厚的条件。立体声技术正是模仿人的“双耳效应”的方向效果而实现的。图 9－24 是音频立体声系统的示意图。图中模拟双耳的左、右话筒检拾到乐队现场演出的声音信息，经左、右两路完全相同的高保真放大系统放大后重放。当我们居于两路扬声器之间的一定聆听位置时，就会感到原来乐队的立体声像，具有身临其境的现场感。双声道立体声虽然还不能把现场复杂的综合信

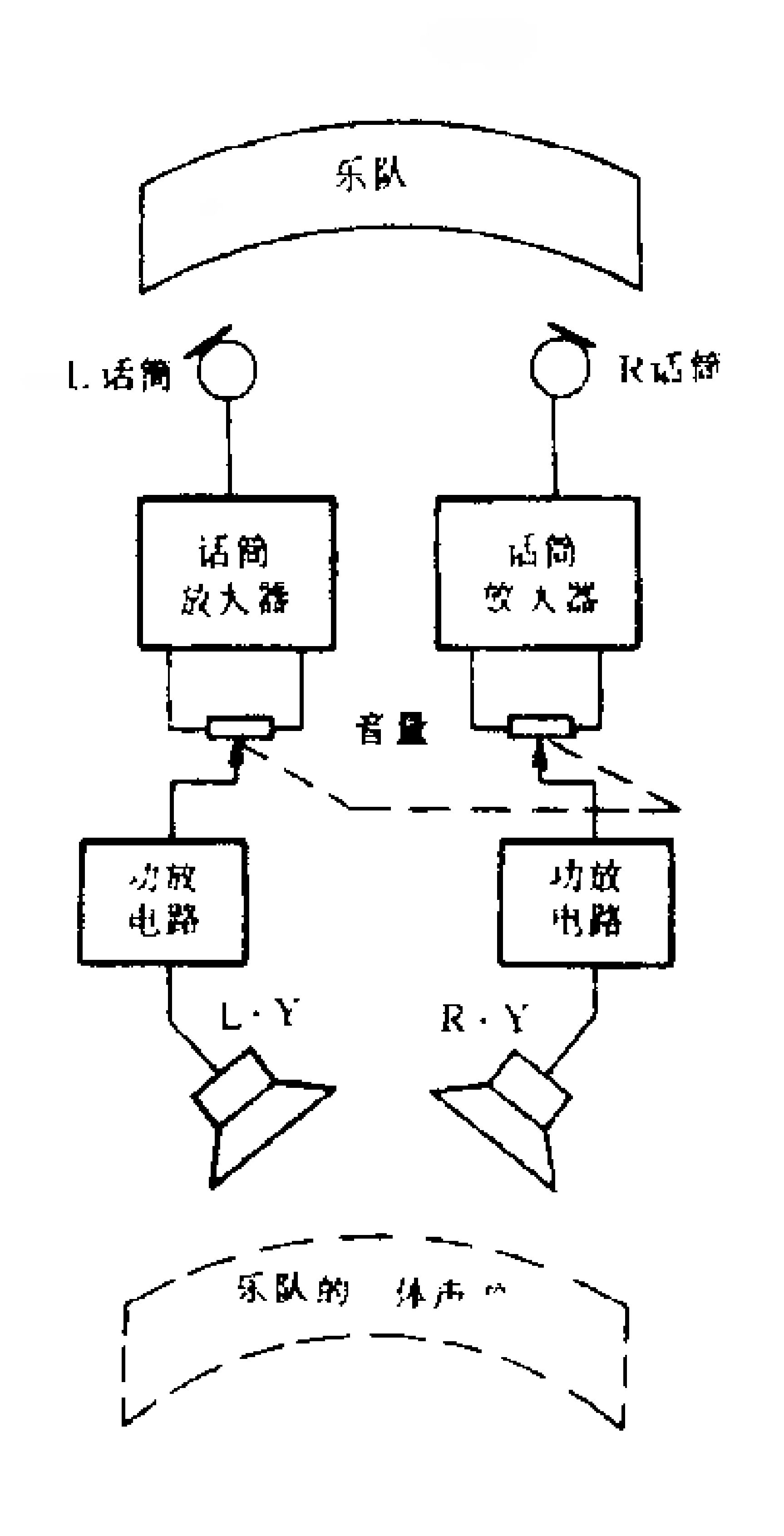


图 9－24　音频立体声系统的示意图

息完全再现出来，但它所表现出的音乐宽阔宏伟，富于感染力，是单声道放声系统所无法比拟的。

2. 怎样实现立体声广播

早期立体声实验广播是采用两套发射机分别发射左、右声道调制载频信号，然后由两架收音机分别接收，重放左、右声道的声音。这种方法既不经济又不现实，很难被推广。自1961年美国实现调频立体声广播以来，由一个载频传送左右两个声道的立体声广播系统得到迅速发展。由于调频广播的优良性能，立体声广播目前都采用调频方式。

实现调频立体声广播的方式有多种，其中被广泛采用的是导频制。我国也把导频制作为立体声广播的制式。导频制的主要优点之一是具有兼容性。所谓"兼容"，就是普通单声道调频收音机可以收听立体声调频广播；立体声调频收音机也可以收听单声道调频广播。当然，放声都是单声道的。导频制立体声广播的过程是这样的：左(L)、右(R)两路音频信号先运用和差方法在矩阵电路里变成和信号L+R及差信号L-R。L+R作为主信号；而L-R要先去调制一个38kHz的副载波，产生L-R调幅差信号，作为副信号。38kHz的副载波是由19kHz振荡器产生的振荡信号经倍频器倍频供给的。为了避免副载波占用频带和增加发射功率、降低信噪比，必须在副载波完成产生副信号的任务以后，将它抑制掉。这种抑制副载波的调幅过程是在平衡调制器里进行的。差信号调制副载波的主要目的是为了在收音机里实现左右声道分离，因此在收音机里还要把抑制掉的副载波"再生"出来。再生的副载波要和发射机内被抑制前的副载波同频、同相，以保证收、发同步。所以，在调制载频的信号中，除了主信号和副信号外，还要加入一个19kHz的导频信号作为同步信号，以便在收音机里"导引"出38kHz的副载波信号。这

正是导频制的名称由来。19kHz的导频信号也是由发射机中的19kHz振荡器提供的。因此，导频信号与副载波信号同出一源，收发两地容易实现同频、同相。现在可以知道，和信号（主信号）、已调差信号（副信号）及导频信号共同组成立体声复合信号。立体声复合信号在发射机的立体声调制器里对主载频进行调制，最后经高频功率放大，以88MHz～108MHz频段内的某一频率发射出去（图9－25）。

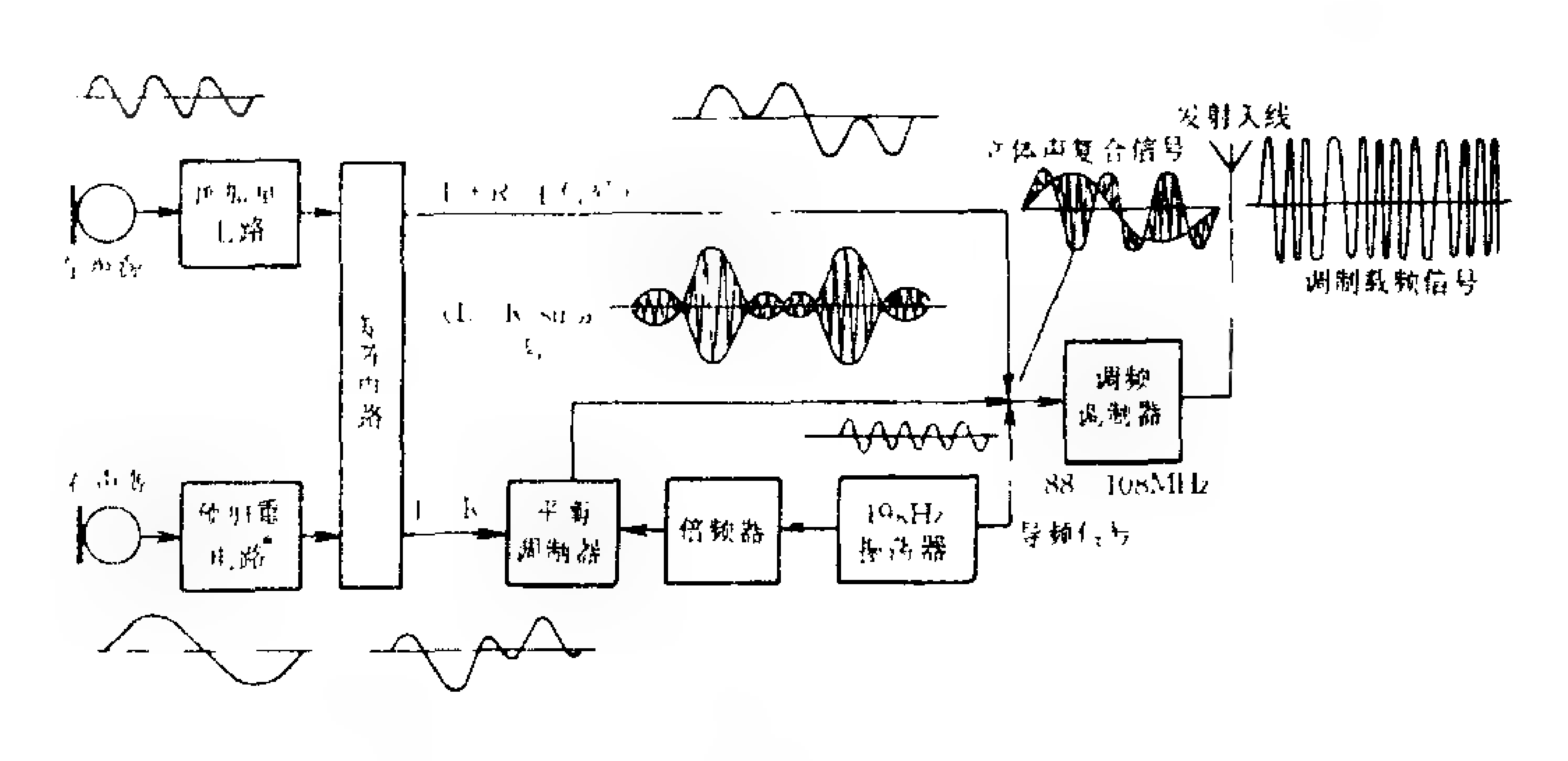


图9－25　立体声广播的发射系统方框图

调频立体声收音机在接收到调频立体声信号后，经高放、变频、中放、鉴频，取出立体声复合信号，然后把它加到立体声解调器中分离出左、右两个声道信号来。左声道信号和右声道信号分别输送给两路音频放大器，再推动两路扬声器进行立体声重放（图9－26）。

调频立体声收音机电路的输入回路、高放、变频、中放及鉴频电路与单声道调频收音机电路完全相同。不同的是调频立体声收音机多了一个立体声解调器和一路音频放大器及扬声系统。立体声解调器后面的去加重网络用来去除高频噪声。所谓去加重是相对发射机中的预加重网络而言的。为了改善调频收

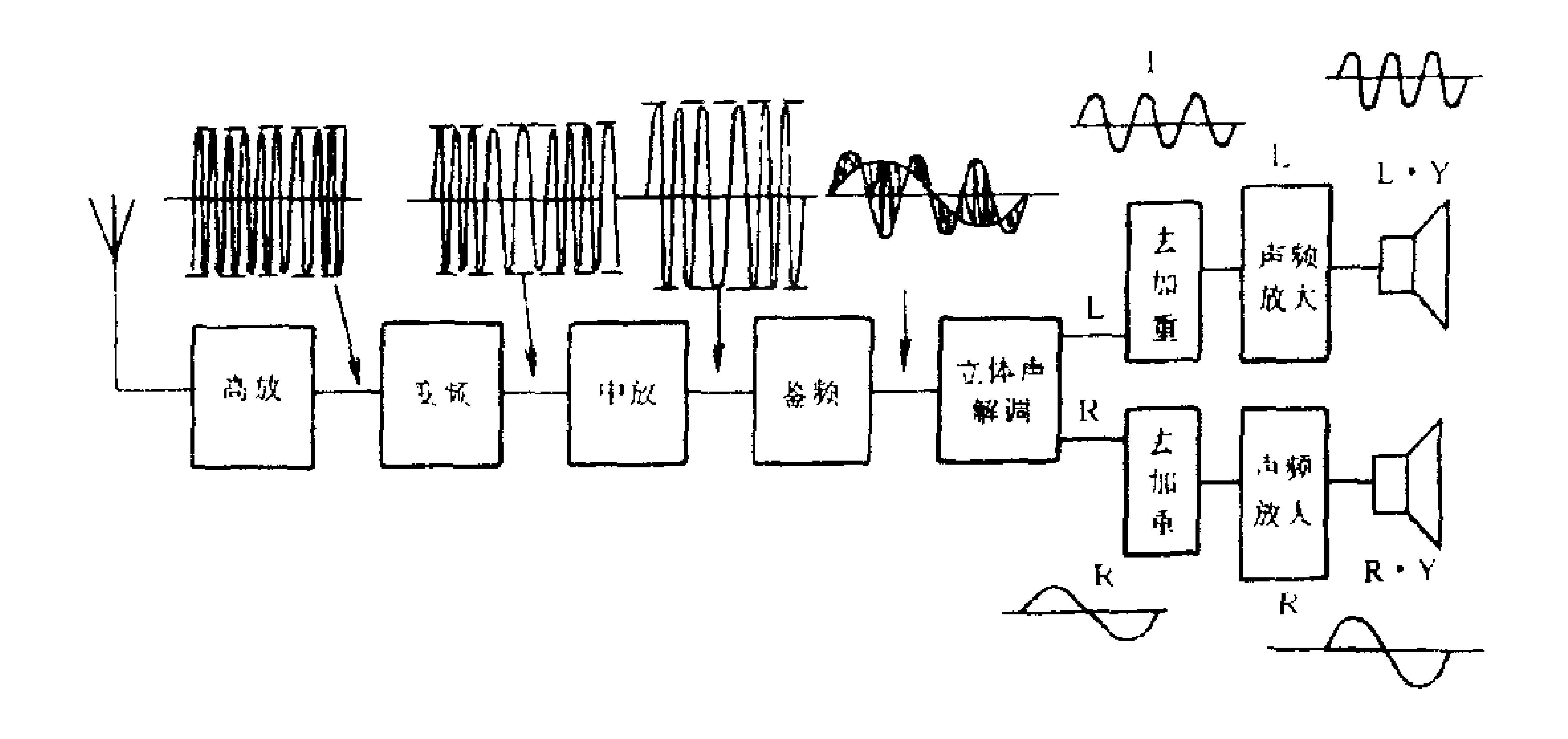


图 9-26 调频立体声收音机方框图

音机的高音频段的信噪比,在发射机的音频电路中有意使高音频预先得到"加重"。而在接收机里再去除这种"加重"成分。去加重网络实际是一个低通滤波器。它在对 15000Hz 以上的信号幅度进行衰减的同时,高频噪声也成比例地被衰减了。

关于音频立体声扩音部分,将在下一章介绍。下面仅就立体声收音机的特有电路——立体声解调器作一些介绍。

3. 立体声解调器的简单工作过程

立体声解调器又叫立体声解码器。解调器的任务是对主信号和副信号进行解调,以还原出左、右声道信号。立体声解调器主要有矩阵式、包络检波式和电子开关式三种解调方式。其中电子开关式解调器应用最为广泛。图 9-27 是电子开关式解调器的方框图。由鉴频器解调出的立体声复合信号先在复合信号放大分离电路中分离出主、副信号和导频信号。导频信号进入副载波发生器,经倍频、放大、恢复发射端被抑制的 38kHz 副载波,并用副载波作为开关信号与主、副信号一起加到开关电路。38kHz 开关信号以每秒 38000 次的速率快速切换,交替导通左、右声道信号,从而将左、右声道信号解调出来。

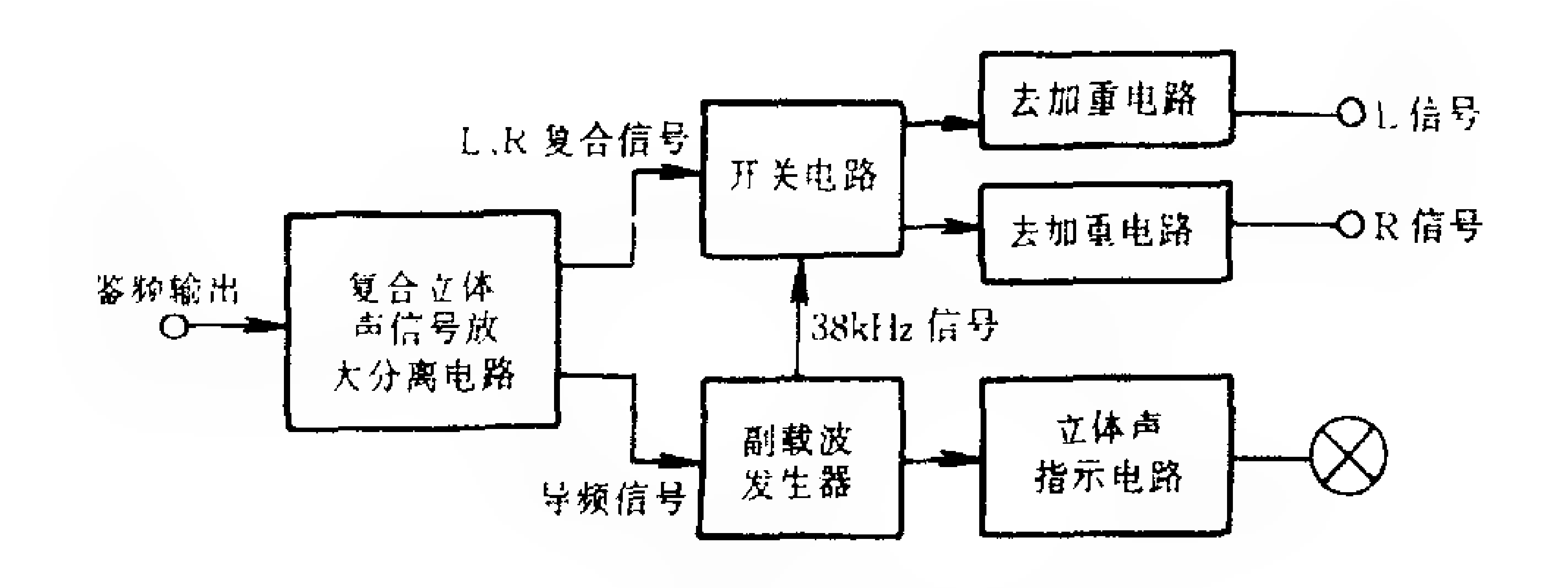


图9－27 电子开关式解调器方框图

早期的立体声解码器是由分立元件组成的。由于分立元件解码器电路复杂，可靠性及分离度指标都很差，目前已极少采用，而日益广泛采用集成电路立体声解码器。特别是集成电路锁相环(PLL)立体声解码器性能十分优越，高档的收音机、收录机几乎毫无例外地采用锁相环解码器。

为了使爱好者进一步熟悉立体声的解调过程，下面介绍一个简单的分立元件立体声解码电路(图9－28)。由鉴频器输出的立体声复合信号经 C_1 耦合给 VT_1 放大，同时利用 VT_1 集电极的19kHz调谐回路(L_1C_2)取出导频信号，并经 T_1 的 L_2 把它耦合给 VT_2 放大，放大后的导频信号经 T_3 的 L_3C_6 谐振回路再一次选频后送到 VD_1、VD_2 组成的全波整流电路。整流后输出的38kHz负脉冲纹波信号由 C_8 耦合给 VT_3 放大，并在 VT_3 的负载回路上(C_9L_4)谐振产生38kHz的副载波信号。副载波信号又经 T_4 耦合给 VD_3、VD_4、VD_5、VD_6 组成的桥式开关电路。同时，在 VT_1 输出回路未能进入19kHz选频电路的立体声复合信号从 R_4 输出，经 C_4 输送到开关电路 T_4 的 L_5 中间抽头，与38kHz开关信号"相遇"。38kHz开关信号在 L_5 的两个圈数相同的绕组上分别获得两个相位相反的开关信号，加到桥式开关电路上。假定当开关信号在 L_5 的1端为负，3端为正时，则 VD_5、VD_3 导通，复合信号

中的左声道信号通过 VD_5、VD_3 输出；当开关信号在 L_5 的 1 端为正，3 端为负时，则 VD_6、VD_4 导通。复合信号中的右声道信号通过 VD_6、VD_4 输出。从而完成左、右声道信号的解调。图中 C_{11}、R_{18} 和 C_{10}、R_{17} 组成去加重网络，以滤除超音频噪音。

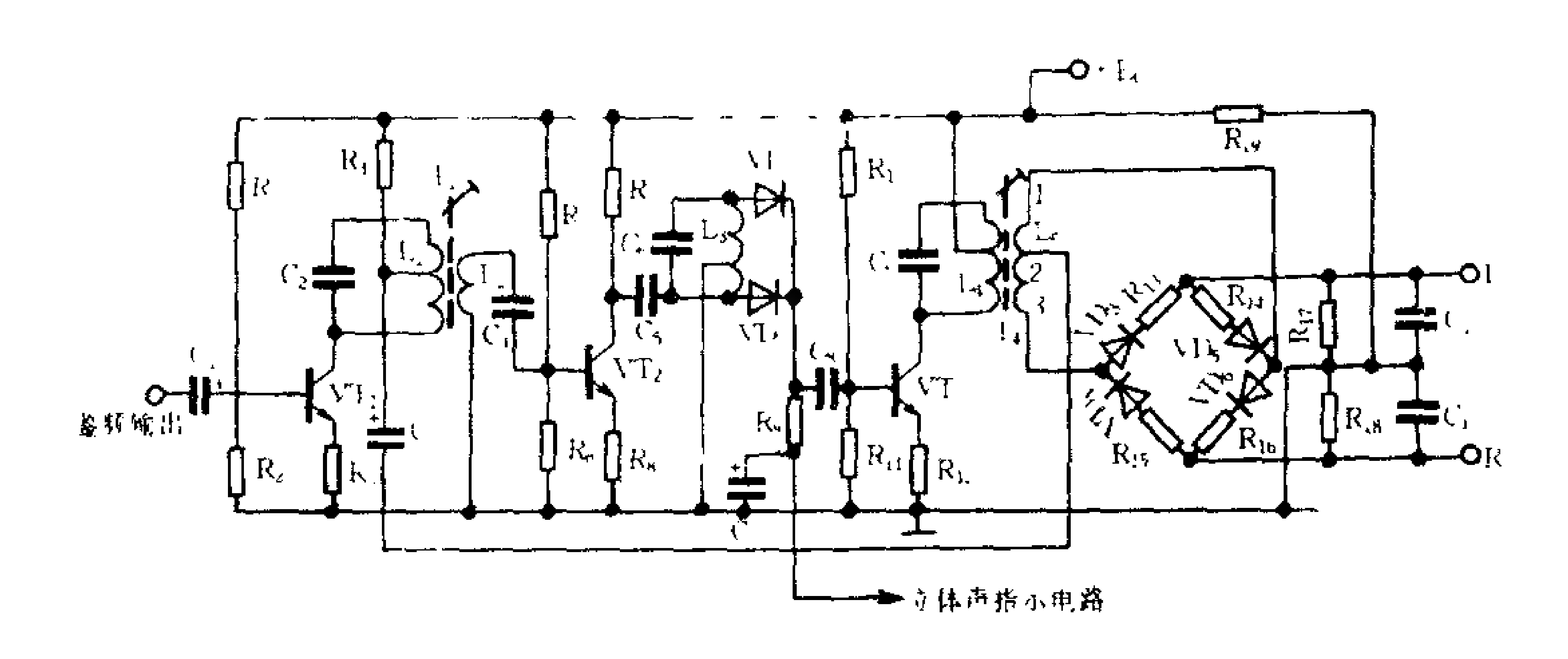


图 9－28　分立元件立体声解码器

五、集成电路收音机

集成电路在音响设备方面的应用日益广泛，收音机电路的集成化，已成为收音机发展的必然趋势。目前收音机的高频、中频、检波、鉴频及音频电路均已实现集成化，而且集成度越来越高。除了调频调谐器由于工作频率较高，需要专用的集成电路以外，其它各功能电路均可集成在一块电路里。

1．单片集成电路调幅收音机

图 9－29 是一种采用单片集成电路的调幅收音机电路图。电路采用 YR060 国产单片集成电路，其内部包括了变频、中放、自动增益控制以及音频放大电路。外围元件较少，结构简单，调试也十分方便。YR060 有 16 个引出脚，工作电压为 3V。图中，L_1 为天线线圈，L_2 为振荡线圈，T_1、T_2、T_3 为中频变压器，VD 为检波二极管，RP 为音量调节电位器。检波后的音频信号通过电

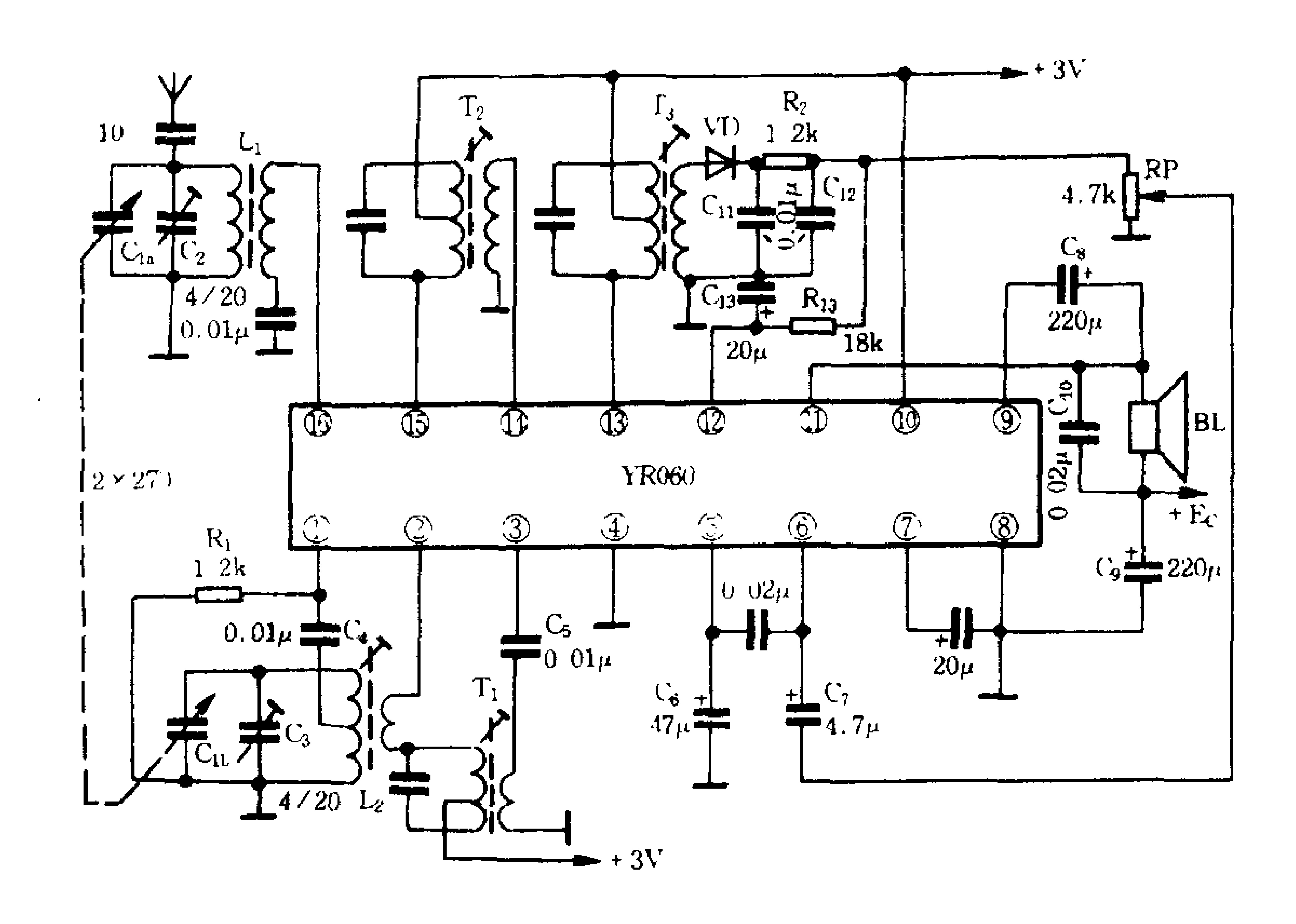


图 9－29 单片集成电路调幅收音机

容 C_1 由⑥脚输入,放大的音频功率信号由⑨脚输出推动扬声器Y放声。检波后的直流成分通过 R_3 进入⑫脚在内部进行AGC控制 YR060内部附加稳压电路,电源利用率高,工作稳定。

收音机单片集成电路型号很多。较有特点的是TA7641,它内部包括了调幅收音机的所有电路,由于检波电路做在内部,外围元件更为简洁。图 9－30 是TA7641的接线图。

2. 调幅、调频高、中频集成电路

图 9－31 是调幅、调频收音机采用独立中放通道的高、中放集成电路的接线图。集成电路采用 μPC1018C 或 AN7218 等型号。μPC1018C 内部包括了调幅变频、调幅中放、调频中放和自动增益控制电路。调幅检波和调频鉴频电路需要外接。由于该电路中放级使用了三端陶瓷滤波器,使中放外围元件大大减少。图中 L_1 为调幅天线线圈,L_2 为振荡线圈,T_1、T_2 为调幅中周,T_3、

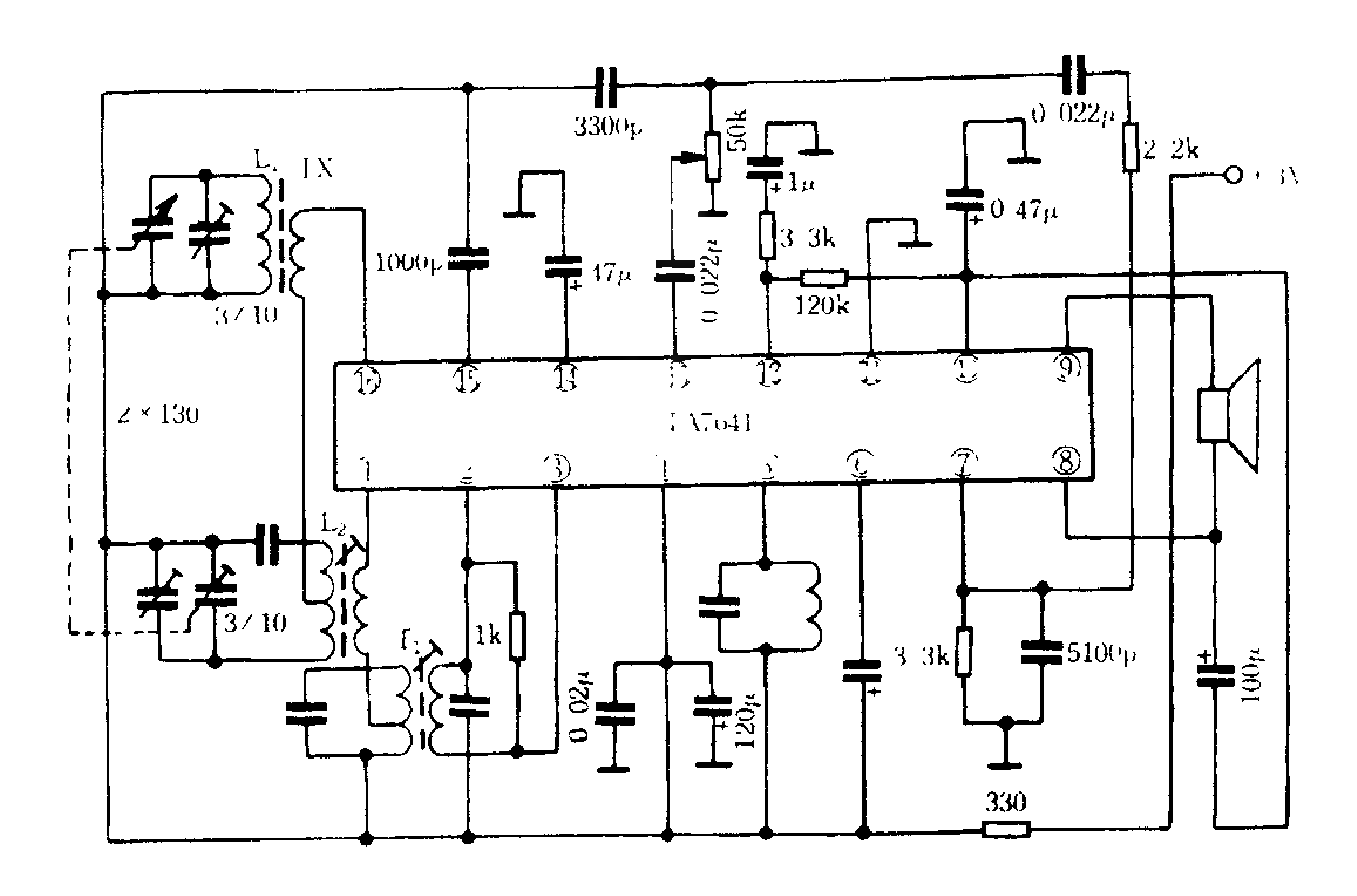


图 9－30 TA7641 接线图

T_4 为调频中放的末级中周及鉴频线圈。CF_1 为 10.7MHz 三端陶瓷滤波器，CF_2 为 465kHz 三端陶瓷滤波器。调频调谐器输出的

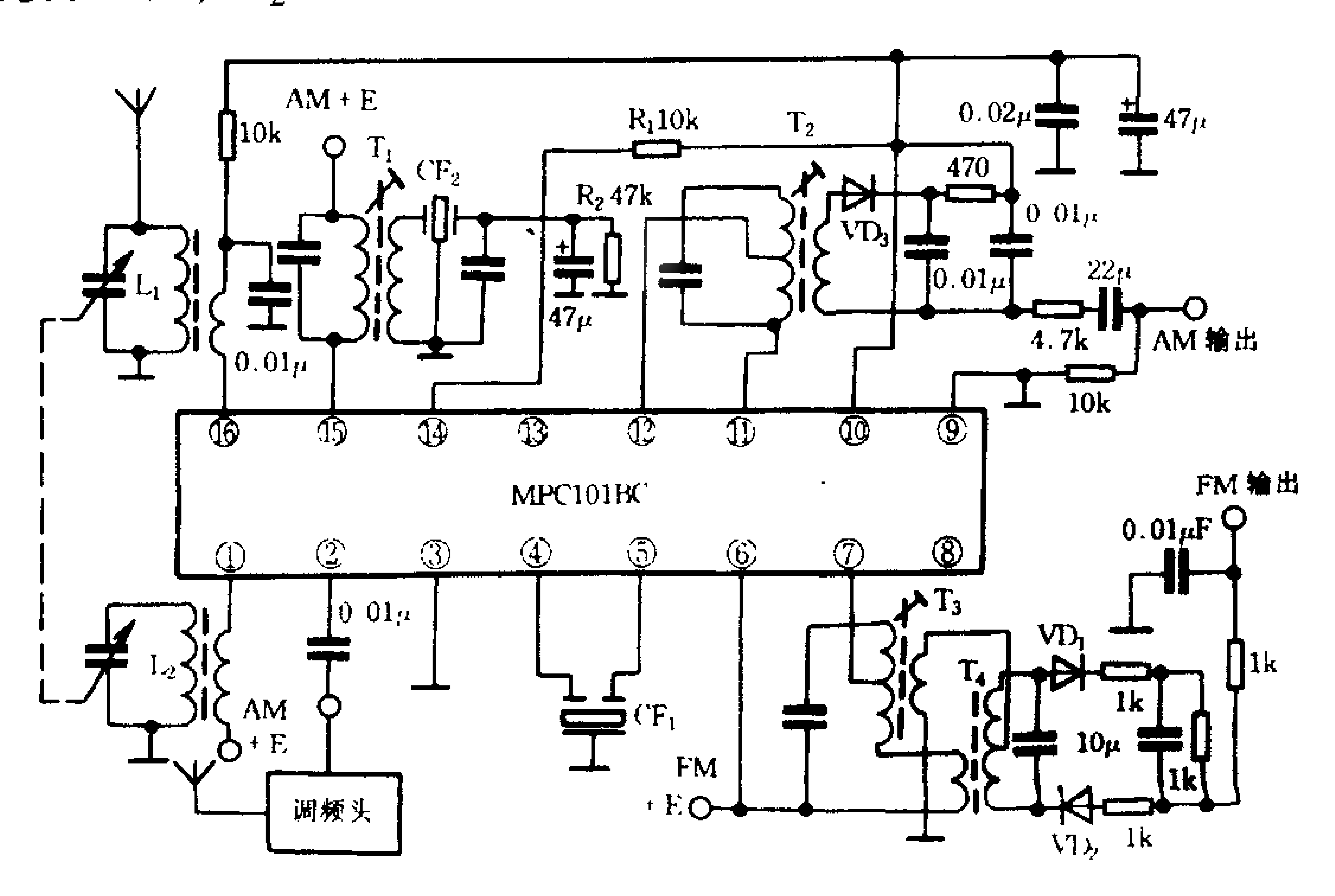


图 9－31 μPC1018C 接线图

中频信号通过0.01μF电容由μPC1018C的②脚输入。调幅检波后产生的AGC电压通过R_1、R_2分压，由⑬脚输入内部AGC控制电路。有的高、中放集成电路把检波器、鉴频器也制作在集成电路的内部，使调频、调幅收音机的调幅变频、中放、检波，调频的高放、中放、鉴频以及自动增益控制等电路均集成在一块电路里，大大简化了电路结构和调试过程。这种集成电路的典型型号有TDA1220A、TA7614P等。

3. 调频调谐器集成电路

图9－32是调频收音机的高频头集成电路。图中TA7335P具有高放、混频及本振等功能。L_1C_{1-a}为高放调谐回路，L_2C_{1-b}为本振回路。T为混频级的中周，变频后的中频信号由其次级线圈两端输出。

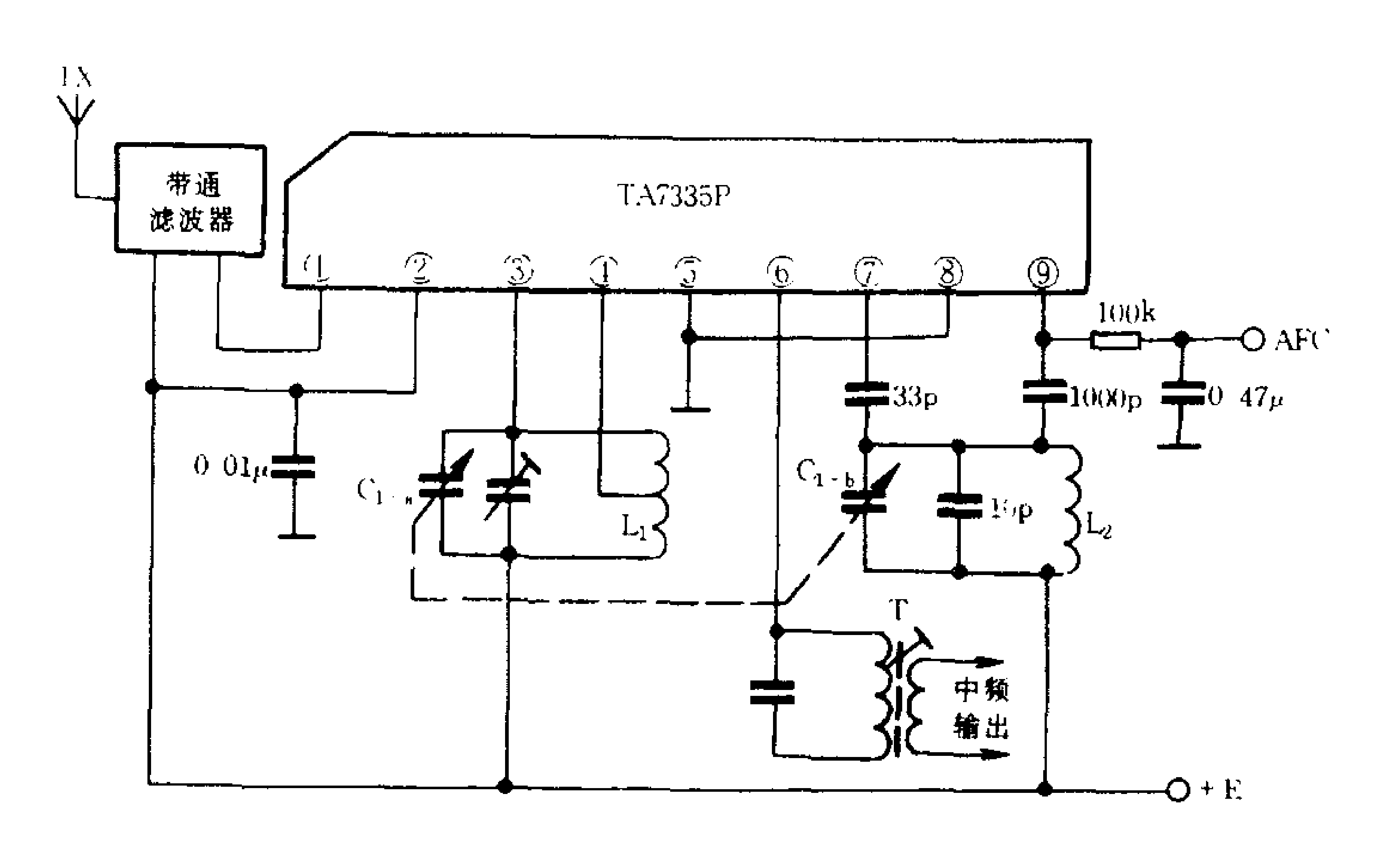


图9－32　TA7335P连接图

4. 集成电路立体声解码器

图9－33是SF3301(LA3301)立体声解码电路及其外围元件连接图。其内部包括了立体声复合信号放大电路，19kHz放大

器、倍频器、双差分式开关解调器、立体声指示灯电路等。SF3301为14脚排列。自鉴频器输出的立体声复合信号经C_1由③脚输入。①脚连接的L_1C_2为19kHz调谐放大器的谐振回路，⑬脚连接的L_2C_3为38kHz副载波恢复电路的谐振回路。解调出的左声道信号由⑪脚输出，右声道信号由⑫脚输出。左、右声道信号输出端接有去加重网络。⑤脚接有电位器RP，用来调节分离度，以获得最佳的立体声分离效果。在⑥、⑨脚间还接有指示灯作为立体声指示，当收音机接收到立体声信号时，19kHz的导频信号激励内部放大电路使指示灯点亮。S为立体声、单声转换开关。

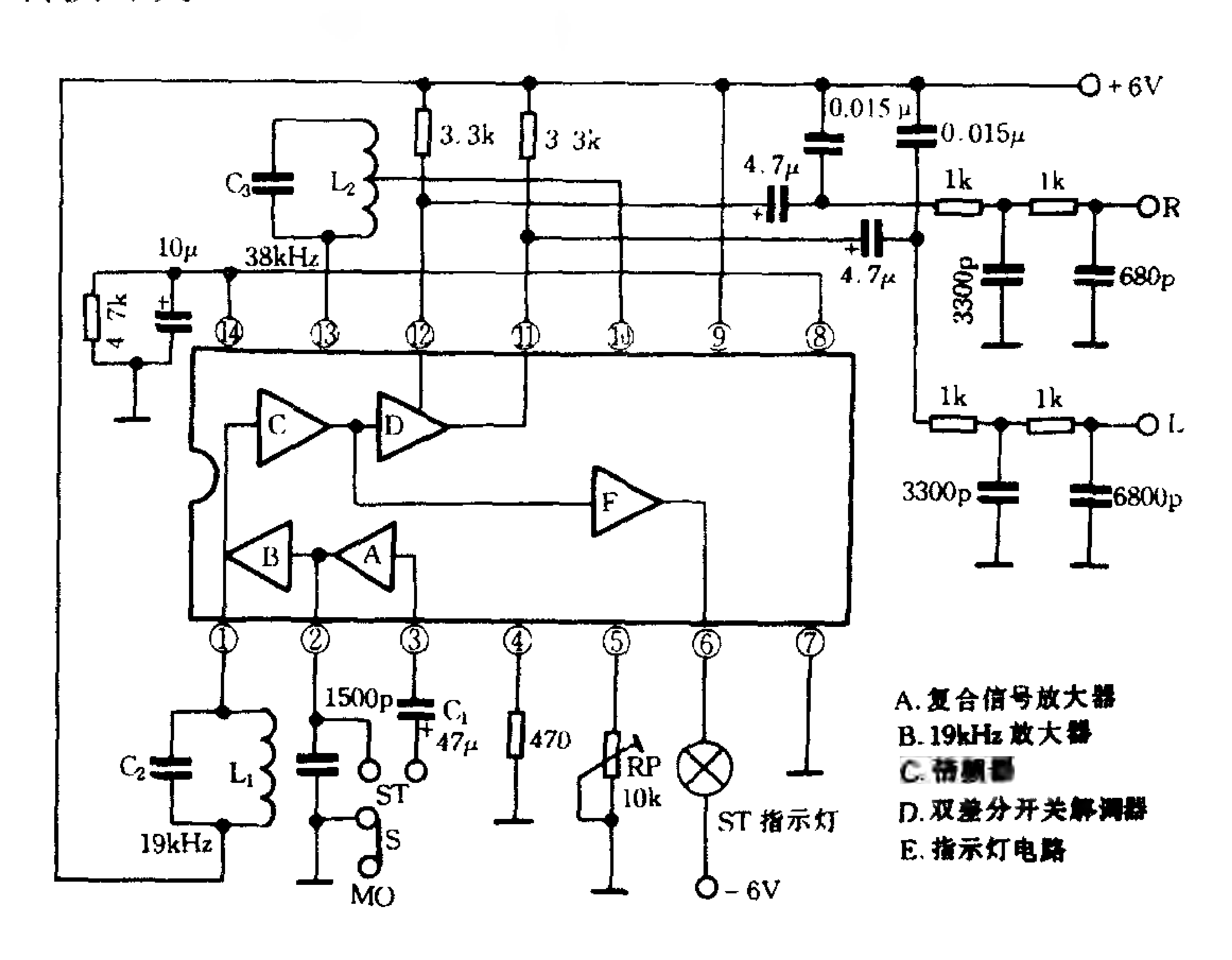


图9－33 SF3301解码器连接图

在一些中、高档立体声收音机中多采用先进的锁相环立体声解码器。锁相环解码器中的38kHz副载波的恢复不是由导频

信号经放大、倍频产生的，而是由一个压控振荡器产生 76kHz 信号再经二分频产生的。再生的副载波信号一方面送到立体声开关电路经解码器对复合信号中的左、右声道信号进行解调；另一面 38kHz 副载波信号再经二分频产生一个 19kHz 信号，用它与外来导频信号进行相位比较。如果相位一致，相位比较器无电压输出，压控振荡器不受控，维持稳定振荡；相位不一致则相位比较器有输出，输出信号经同相检波器检波，输出压控电压，经直流放大去控制压控振荡器的相位，使它的相位锁定，严格与外来的导频信号保持同步。锁相环解码器的指示灯电路也别具特色。指示灯的激励信号不是外来的导频信号，而是由 38kHz 再生副载波经另一路二分频器产生 19kHz 信号，再经幅度检波去驱动立体声指示灯电路。这样可以避免指示灯电路误动作。锁相环解码器的立体声分离度指标很高，而且外围元件很少，调整简便。图 9－34 为 SL3361(LA3361)解码器连接图。图中，复合立体声信号由②脚输入。解调后，左声道信号由④脚输出，右声道信号由⑤脚输出。C_3R_3，C_4R_4 分别为左右声道的去加重网络。R_1、R_2、C_5 组成压控振荡器的频率调整电路，调整 R_1 可以对⑫脚的 19kHz 信号监测点的频率进行精确校正。用来作立体声指示的发光二极管 LED 接在⑥脚。RP 是分离度调整电位器。

锁相环立体声解码器型号很多，如 HA11227、AN7410、MC1039、TA7323P、TA7604、BA1320、μPC1197 等。它们的性能与 SL3361 基本相同。

有时也把锁相环解码器与高中频电路做在一块集成电路里，电路功能齐全，装置更为简便。如 AN7000 就属于这种类型。

收音机中的音频放大集成电路应用更为广泛，读者比较熟

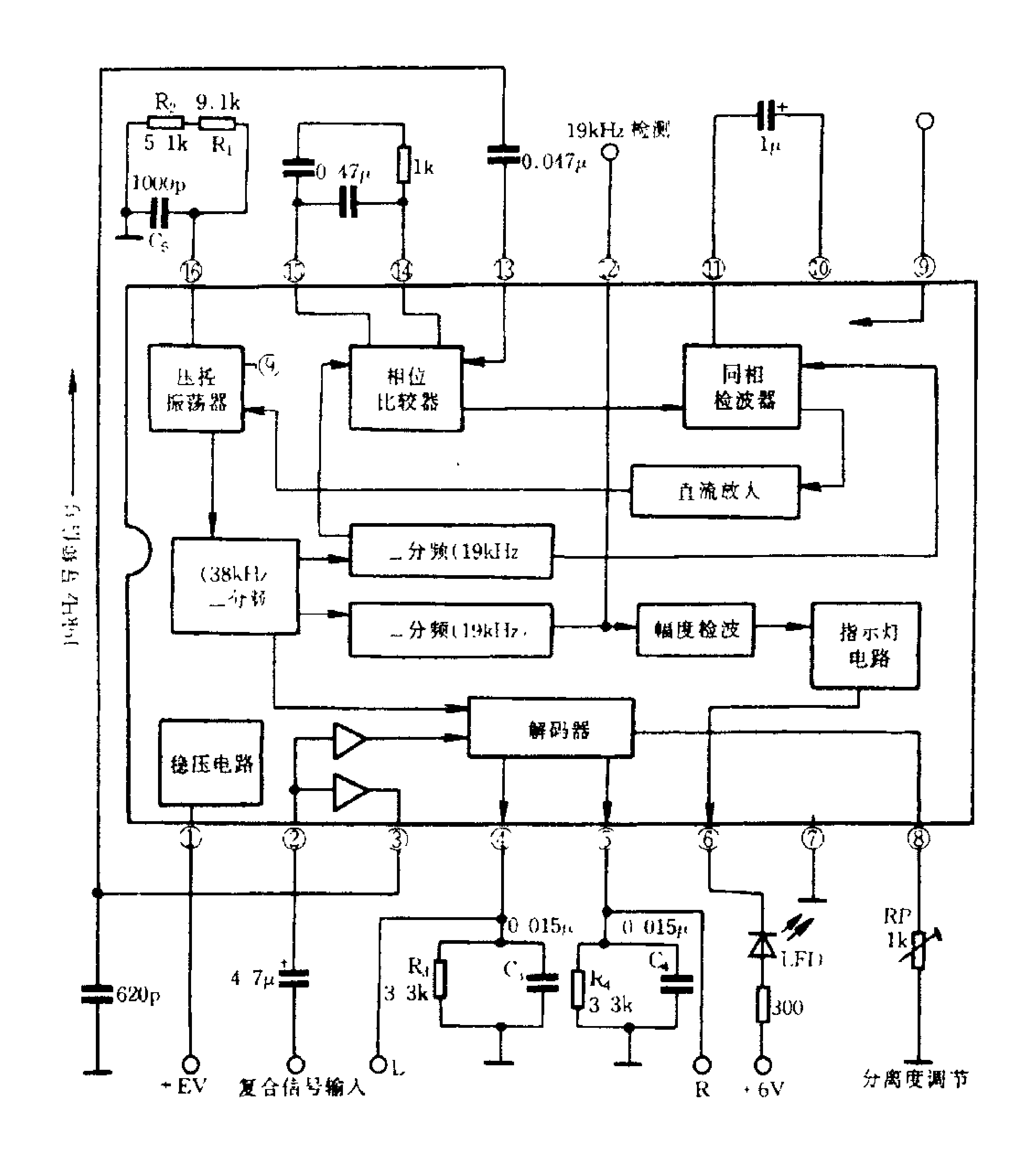


图 9－34 SL3361 连接图

悉，这里不再介绍了。

第三节 收音机的附属电路

一、短波频率微调电路

调幅收音机在短波段接收时，由于频率较高，在频率覆盖范

围内电台密集，调谐双连可变电容器很小的角度变化，会有众多的电台调谐，电台不易调准；频段越高，这种情况就越明显。短波频率微调电路就是针对上述问题而设的。频率微调方式很多，广泛采用的是下面介绍的微调本振频率的方法（见图9-35）。

图中VT为变频管，L_3、C_{1b}组成振荡回路，C_6是补偿电容，C_7是垫整电容。C_4与C_5串联构成短波频率微调电路。当微调半可变电容器C_5时，本振频率改变。由于C_4、C_5取值很小，本振频率变化缓慢，达到调准短波电台的目的。调节C_5的旋钮与调谐旋钮紧挨着，一般先用调谐钮粗调电台位置，再用微调钮调准电台位置。

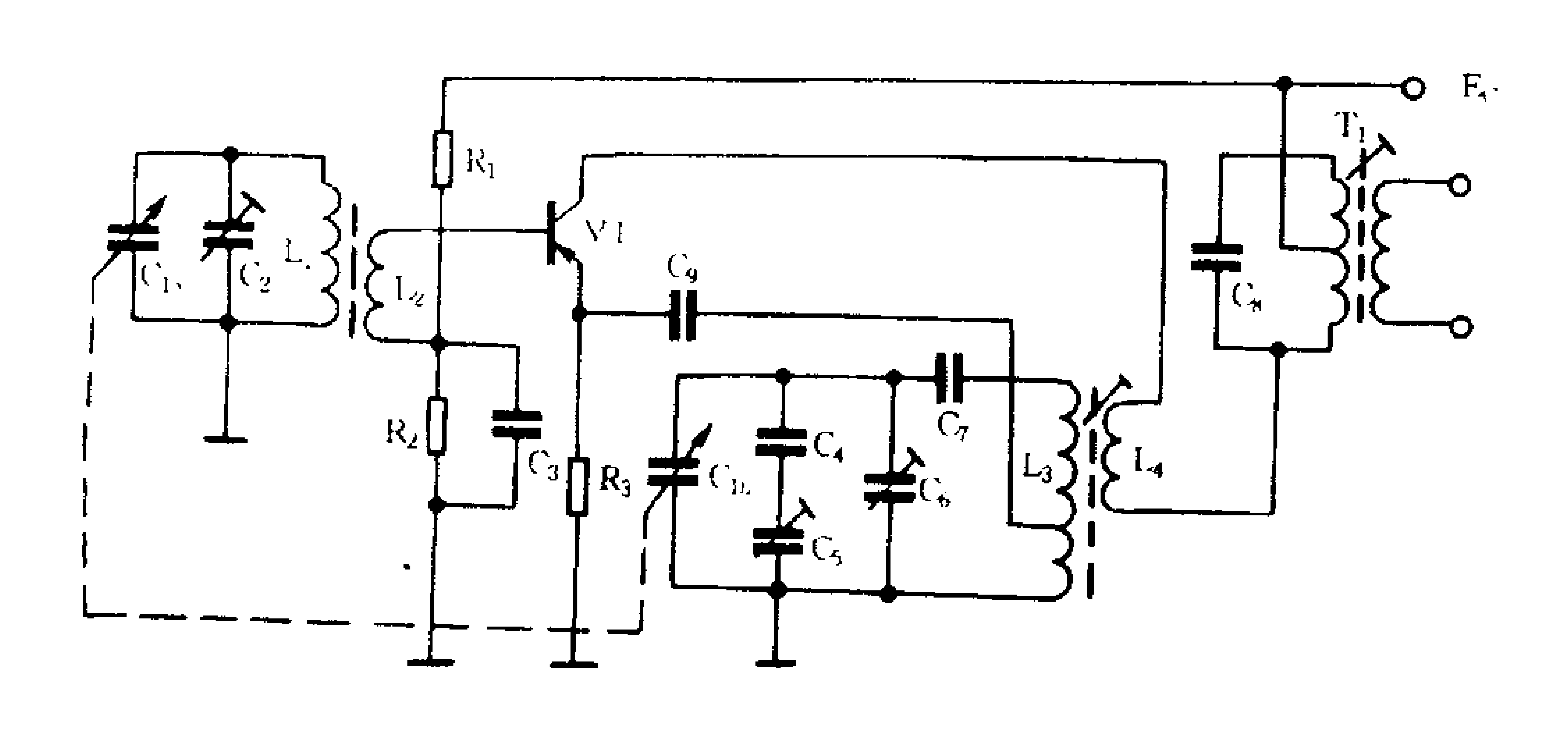


图9-35　短波频率微调电路

二、本地、远程转换开关

收音机在接收强信号电台时，为了减小失真和杂音，希望收音机灵敏度低一些；在接收远地电台时，又希望收音机灵敏度高一些。为了兼顾这种情况，可以加接本地、远程转换开关。图9-36是采用在变频级输入线圈两端并联电阻降低Q值的方法来使强信号输入时灵敏度下降。开关S就是本地、远程开关。S

闭合时，电阻 R(100Ω 左右)并入 L_2，使 L_2 Q 值降低，通带变宽，输入信号减小，整机灵敏度下降。反之，S 开启时，R 脱离 L_2，收音机恢复原有的灵敏度。有的收音机还在采用上述方法的同时，在音频前置放大器的输入端用开关接入电阻的方法来改善音频放大器的强信号阻塞失真，效果更好(图 9－36(b))。

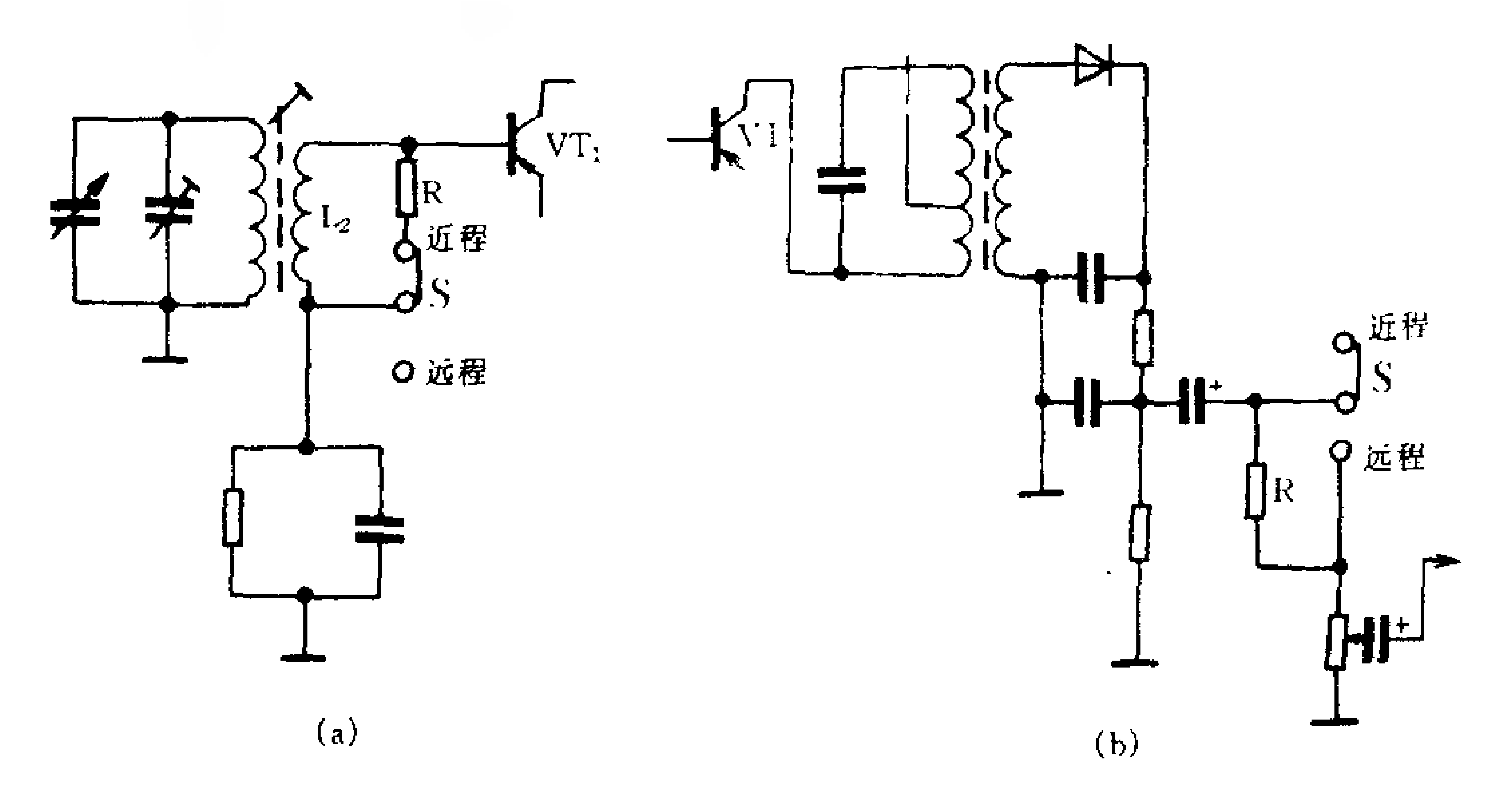


图 9－36　本地远程开关电路

三、短波增益提升电路

收音机在短波段的灵敏度比中波段低。为了提高短波段灵敏度可以加接短波增益提升器，图 9－37 中的 LC 串联谐振回路就是短波提升器。收音机接收短波时，提升器并联接入变频管的发射极电阻两端。LC 串联谐振在中频 465kHz 附近，对中频呈现很小的阻抗，减小了 R_e 对中频的电流负反馈作用，提高了变频增益，使短波灵敏度相对提高。

四、自动频率微调电路(AFC)

AFC 电路是调频收音机的特有电路。其作用是保持本机振荡器的频率稳定，避免中频失谐。AFC 电路利用了变容二极管

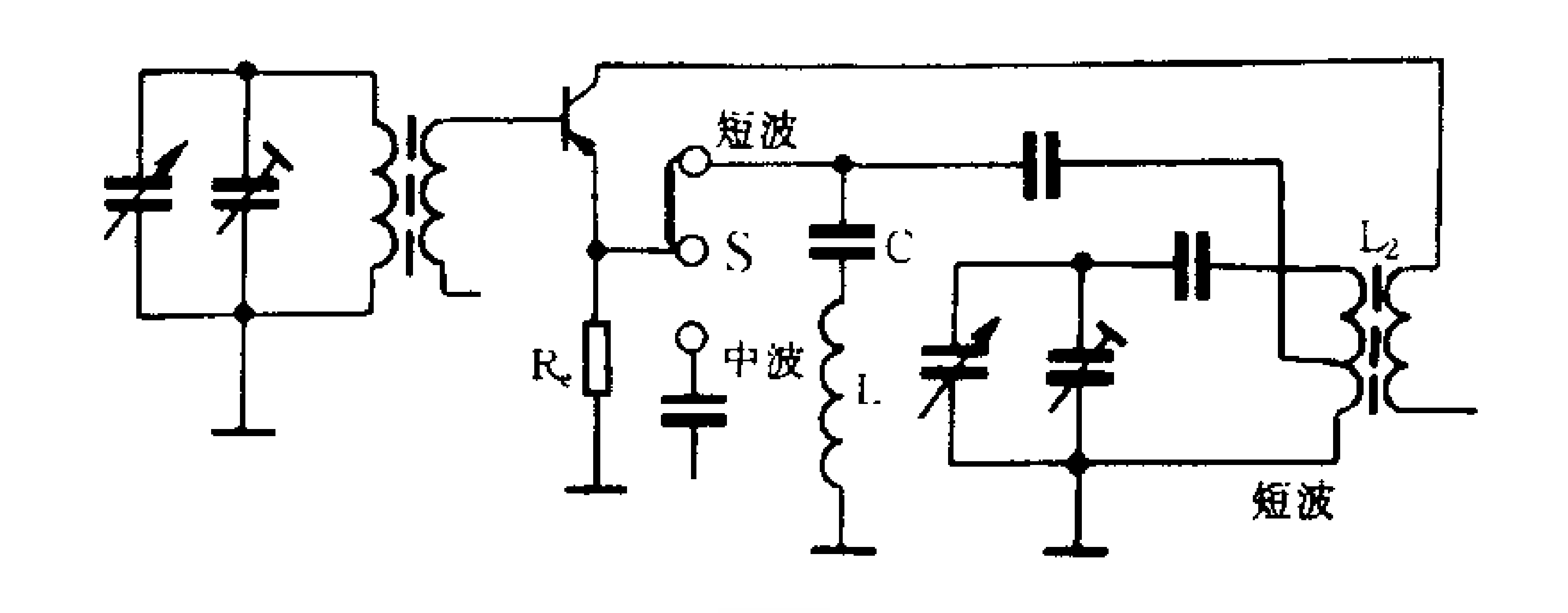


图 9－37　短波增益提升器

随所加的反向电压增大而电容量变小的特性，把变容二极管并联在本振回路，并施加一固定负电压，使其有一个起始电容量，作为本振回路谐振电容的一部分。再把鉴频器输出的与频率漂移相对应的正(或负)的直流电压作为 AFC 控制电压，加在变容二极管上。当选到一个电台，本振信号频率正确，从而 10.7MHz 中频无失谐时，鉴频器输出的直流电压为零、变容二极管维持起始电容量，本振频率维持稳定。当本振频率因某种因素而升高时，中频随之升高，鉴频器输出一正电压使变容二极管的反向电压减小，其电容量增大，于是本振频率降低；相反，当本振频率因某种因素而降低时，鉴频器输出直流负电压，使变容二极管容量减小，本振频率升高，从而实现本振频率的自动微调。图 9－38 自动频率微调电路中，变容二极管的固定负偏压由电阻 R_1 和 R_2 分压取得。鉴频器输出的直流电压经 R_4、R_3 加到变容管的正极与其两端的固定负电压叠加，达到控制变容管容量的目的。R_4、C_5、C_6、R_3 用来滤除鉴频器输出的直流电压中的音频成分。

五、静噪调谐电路

调频收音机增益很高，当收音机没有收到电台时，会有很大噪声。当调谐到电台时，由于中放限幅作用，噪声信号被限幅而抑制。静噪调谐电路可以有效地消除调谐过程中的噪声。图 9

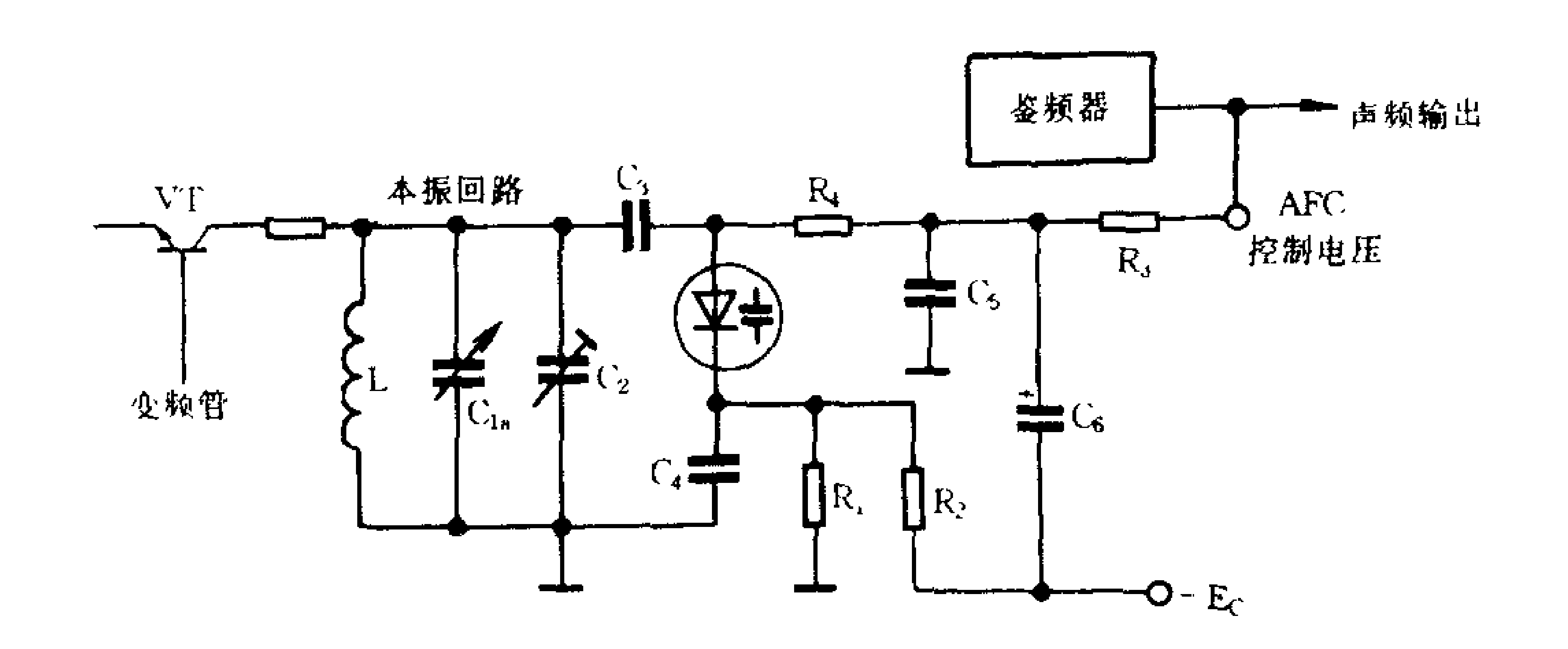


图 9-38　AFC 电路

-39 是一种静噪调谐电路。图中 VT_1、VT_2、VT_3、VD_1、VD_2 等组成静噪电路。当有信号输入时，从中放末前级中放管 VT_4 的基极取出的信号经 C_1 送到 VT_1 放大，放大的信号经 VD_1、VD_2 倍压整流和 C_4 滤波后，再经 R_5 使 VT_2 得到一正向偏压而导通，VT_2 的集电极电压低于 VT_3 的导通电压，VT_3 截止，静噪电路不起作用。当无信号输入时，VT_4 的基极只有噪声电压经 C_1 进入 VT_1 放大，虽经整流滤波也会使 VT_2 得到一个正偏压。但这一偏压很小，不足以使 VT_2 导通，VT_2 集电极电压升高，VT_3 处于饱和导通状态。VT_3 集射间很小的内阻并联在末级中放管下偏置电阻上，使 VT_3 基极偏压急剧减小而截止，噪声信号无法通过，达到静噪目的。图中 S 是静噪开关，当收听弱信号电台时，弱信号电压不足以使 VT_2 导通，有可能被抑制，所以收弱电台时应把 S 关闭。

静噪电路也可以控制声频放大前置级，控制信号同样取自末前级中放，而被控管可以是声频放大的前级放大管或某一级放大管。

六、调谐指示电路

调谐指示电路在调频收音机中采用较多。正确调谐，可以

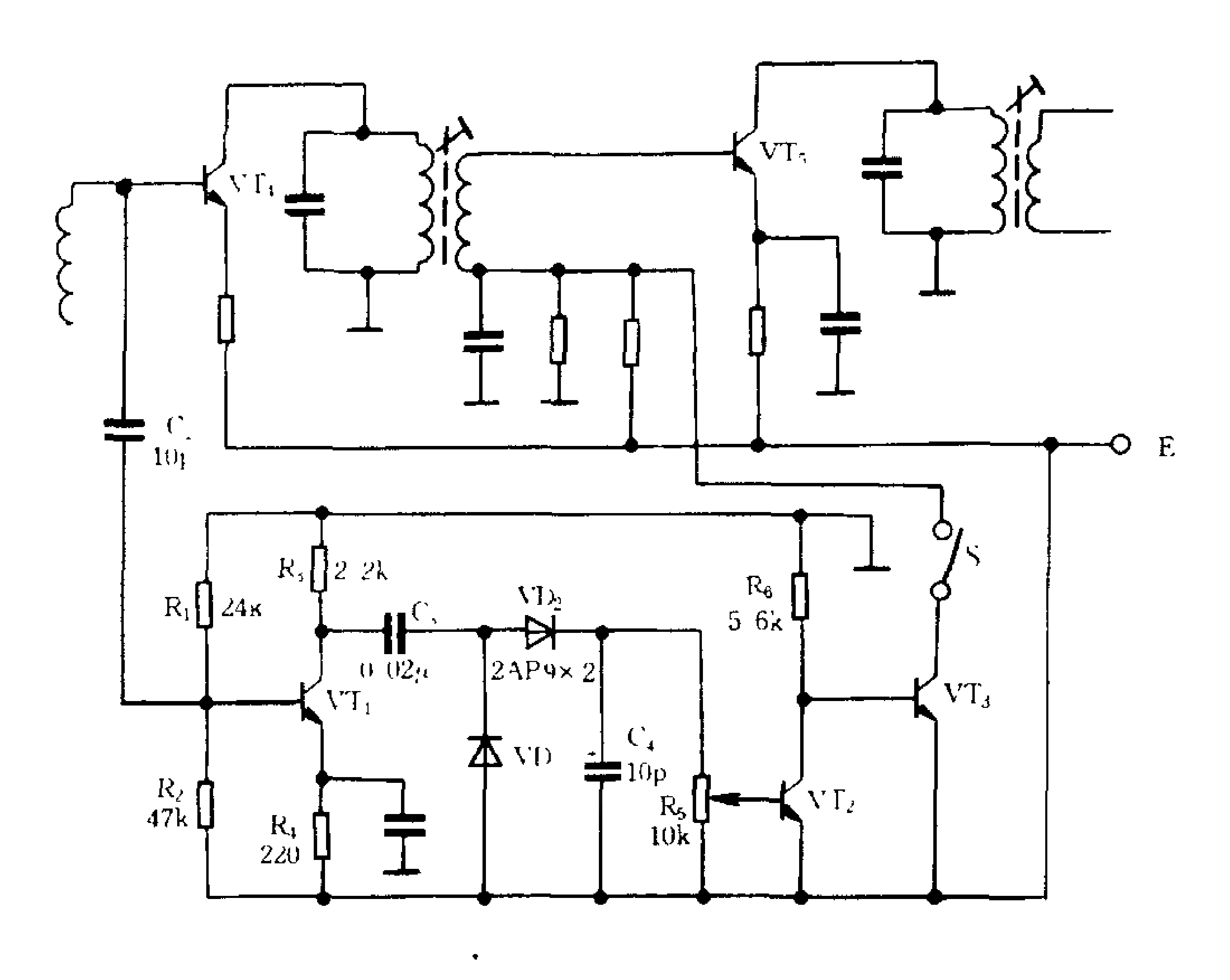


图 9-39　静噪调谐电路

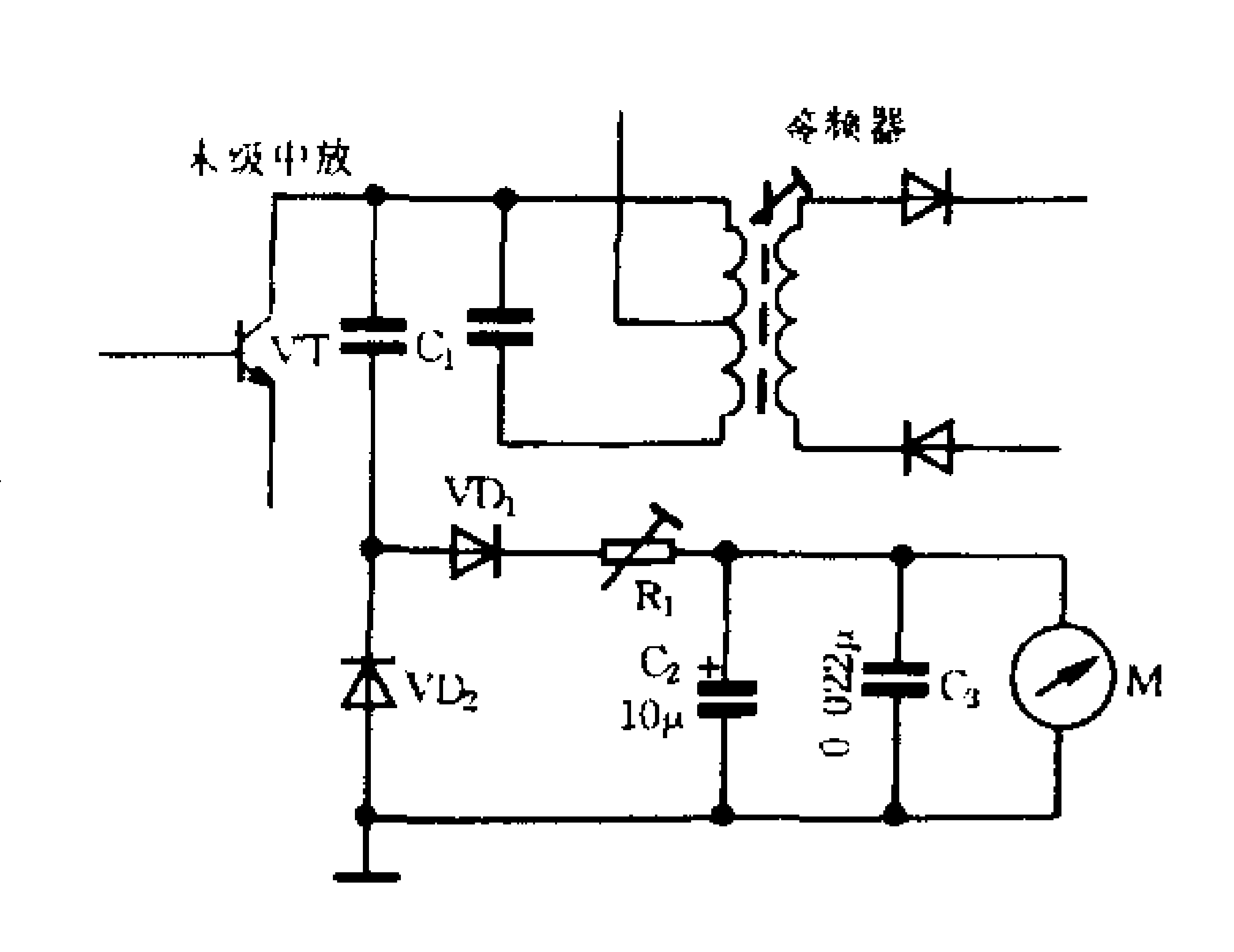


图 9-40　调谐指示电路

提高信噪比，减小失真。图 9-40 是直接整流式调谐指示电路。由末级中放管集电极输出的中频信号，经 C_1 耦合给 VD_1、VD_2 进行倍压整流，再经 C_2、C_3 滤波，直接带动微安表指示，当正确调谐时，中频信号最强，表针指示值最大。

有的调谐指示电路，电表驱动电压取自鉴频器输出的直流电压。这种电路指示电压较小，小信号接收时，电表指示不明显，一般需要加一级直流放大电路。

第十章
磁带录音机

第一节　概　　述

一、从唱片录音谈起

自1887年美国的托马斯·爱迪生发明了留声机以来，记录和重放声音的装置和设备日趋完善，录音技术日新月异。留声机是一种机械录音设备，它由号筒式喇叭，刻纹针及可以转动的鼓形膜片组成，喇叭与刻纹针相连，针端放在膜片上，当一边摇转膜片，一边对着喇叭喊话的时候，声音就会变为针的振动，在膜片上刻出随声音变化的纹迹。放音时，只要把针放回起点，用同样的速度摇动膜片，针尖循着纹迹而振动，同时使喇叭的膜片振动而发声。这是最原始的记录和重放声音的方式。留声机就是现在仍然广泛应用的电唱机的鼻祖。原来的膜片就是如今的唱片，唱片是记录声音的载音体。由于机械录音技术的日趋精良，唱片的保真度很高，其频响可达20Hz～20000Hz。与之适应的拾音器及音频放大器，扬声器的质量也有很大提高。与机械录音技术和用于影片录音的光学录音技术发展的同时，磁性录音技术也在发展。磁性录音是将声音的变化转化为磁性的变化，记录在磁性载音体上；重放时，再将磁性载音体上的音频剩磁转换为音频电信号，经放大由扬声器放声。最早的录音机是丹麦人波尔森(V.Peulsen)在1898年发明的。机器以钢丝作为

磁性载音体；以电磁铁作为磁化钢丝的工具，电磁铁的线圈与碳粉话筒及电池相串连。当对着话筒讲话时，线圈有音频电流通过，钢丝被磁化，声音被记录在钢丝上。这种录音机只能利用耳机收听微弱的声音。采用电子管放大器后，钢丝录音改进为钢带录音，进而出现了纸基录音磁带。1930 年以后先后制出了以乙烯树脂、醋酸纤维、涤纶等塑料为带基的磁带。第二次世界大战后，由于电子工业的迅速发展，使录音技术更趋成熟。1958 年瑞士率先制出了全晶体管录音机。1963 年荷兰飞利浦公司研制成功盒式录音机，此后，各类盒式录音机如雨后春笋，相继问世。60 年代末出现的脉码调制录音机，摆脱了传统直接记录的概念，为录音机的高保真、高质量发展开拓了诱人的前景。

我国目前已能制造各种性能优良的磁带录音机。录音机已开始进入人们生活之中，成为学习、娱乐不可缺少的工具。

二、声、电、磁转换的灵巧工具

1. 磁带录音机的组成

磁带录音机是记录和重放各种音频信息的灵巧工具。它运用电磁学的基本原理，实现声—电—磁的转换。我们知道，电流通过铁心线圈时，铁心将被磁化而产生磁场，磁性的大小决定于流过线圈的电流大小。如果一块铁磁材料靠近电磁铁时，铁磁材料将被磁化。采用特殊性能的铁磁材料，可以使磁性保留下来。这是磁性录音的基础。

磁带录音机的录音、放音磁头实际就是一个电磁铁，电磁线圈绕在带有缝隙的环形铁心上。当涂有特殊性能铁磁材料的磁带匀速通过录音磁头缝隙时，磁带逐段被磁化。我们要录制的声音通过声—电转换，以电流形式出现，通过磁头线圈，转变为按音频规律变化的磁通，传输给磁带而被记录下来。磁性放音

则是磁性录音的逆过程。

磁带录音机主要由磁头、磁带、音频放大器、偏磁电路及走带机构等部分组成(图 10－1)。一些高档录音机还具有许多特殊功能电路。磁带做为载音体,是存储声音的关键部件;磁头是实现电—磁、磁—电转换的重要"桥梁"。因为录音时磁头要通过一定强度的音频电流,放音时磁头从磁带上感应的音频电压十分微弱,都需要利用音频放大器进行放大。偏磁电路是为了保证录音时不致产生信号失真,同时供给抹音磁头抹音电流。走带机构是录音机的机械部分,是磁带输送装置,它的工作状态对优质录音和放音起着重要作用。而特殊功能电路可以加强音响效果,提高录、放质量及方便使用。本章主要介绍磁带录音机的工作原理及电路结构,对于机械部分只做简单介绍。

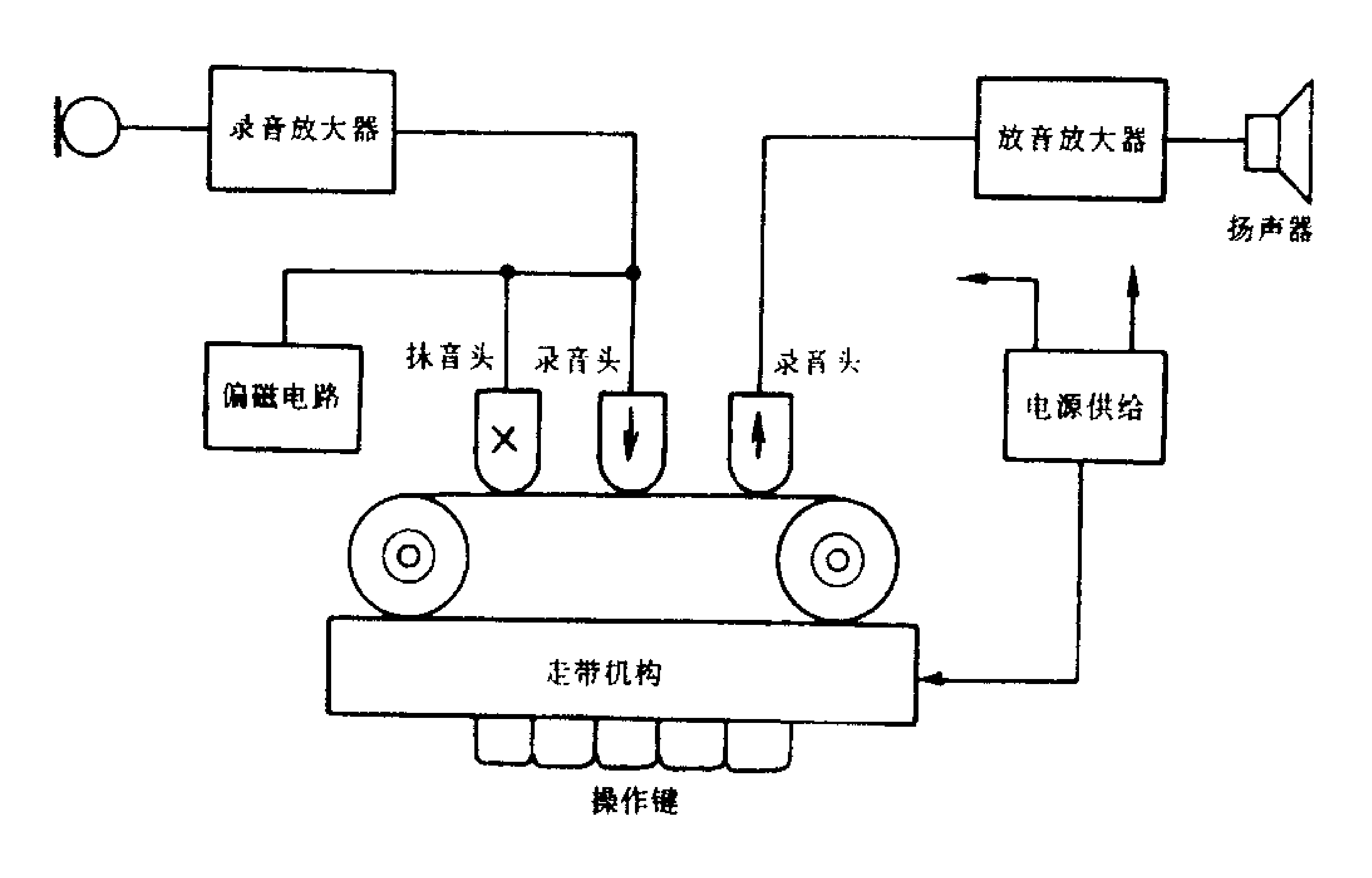


图 10－1　录音机的结构

2. 磁带录音机的分类

磁带录音机种类繁多,从结构形式上分有落地式录音机、台式录音机、便携式录音机、袖珍式录音机及车用录音机等;按功

能分有单放机、录放音两用机、多用录音机和特殊功能录音机等；按使用器件分有电子管录音机、晶体管录音机、集成电路录音机等；按声道分有单声道录音机、双声道录音机、多声道录音机等。通常录音机根据所使用的磁带绕带形式和包装结构的不同主要分为三大类：

（1）盘式录音机　卷绕磁带的磁带圆盘一般用金属或塑料制成。磁带的带宽为6.25mm，走带速度一般为9.5cm/s、19cm/s、38.1cm/s。我国生产的L－601型电子管磁带录音机、长城DBL－2A型晶体管磁带录音机为其典型机型。这种机型具有较高的电声指标，缺点是体积大，磁带装卸麻烦。

（2）卡式录音机　磁带装在带卡的盘芯上，可以循环走带，连续运转，最适用于放音。磁带宽为6.25mm，带速为9.5cm/s。

（3）盒式录音机　磁带装在特制的盒子里，盒子尺寸为100.4×63.8×8.7(mm)。带宽为3.81mm，带速为4.75cm/s。盒式磁带装卸方便，利于交换和保存。盒式录音机除上述的标准盒式机外，还有微型盒式录音机和大盒式录音机。微盒式机的机型小巧，携带方便，其带速为2.38cm/s。大盒式机兼有盘式录音机的高性能和盒式录音机的方便性，其带速为9.53cm/s。

盒式录音机品种很多，除一般录放机外，还有收录两用机、双声道立体声录音机，可以复制节目的双卡录音机以及袖珍步行录音机、高级录音座、DAT、DCC数字式录音机等。

早期国产葵花HL－1型、上海L－400型、红灯2L1400型及目前市场上的录音机产品大都属于这类产品。

三、磁头和磁带

1. 软磁材料和硬磁材料

我们知道，凡是铁磁材料都能够被磁化，通常用磁化曲线来

表示铁磁材料在磁化过程中磁化力与磁通密度的关系。图 10-2 是磁化力(磁场强度)H 与磁通密度(磁感应强度)B 的关系曲线。可以看到 H 与 B 的关系曲线是非线性的。当磁化力 H 从零逐渐增大时,磁性材料中的磁通密度 B 沿曲线 0a 上升,直至达到饱和点 a。当 H 达到 H_m 后逐渐减小,B 并不沿原来的磁化曲线 0a 下降,而是沿曲线 ab 下降(图 10-3),H 即使减至零,材料仍剩有一定磁性(B_r),B_r 叫做剩磁通密度(简称剩磁)。

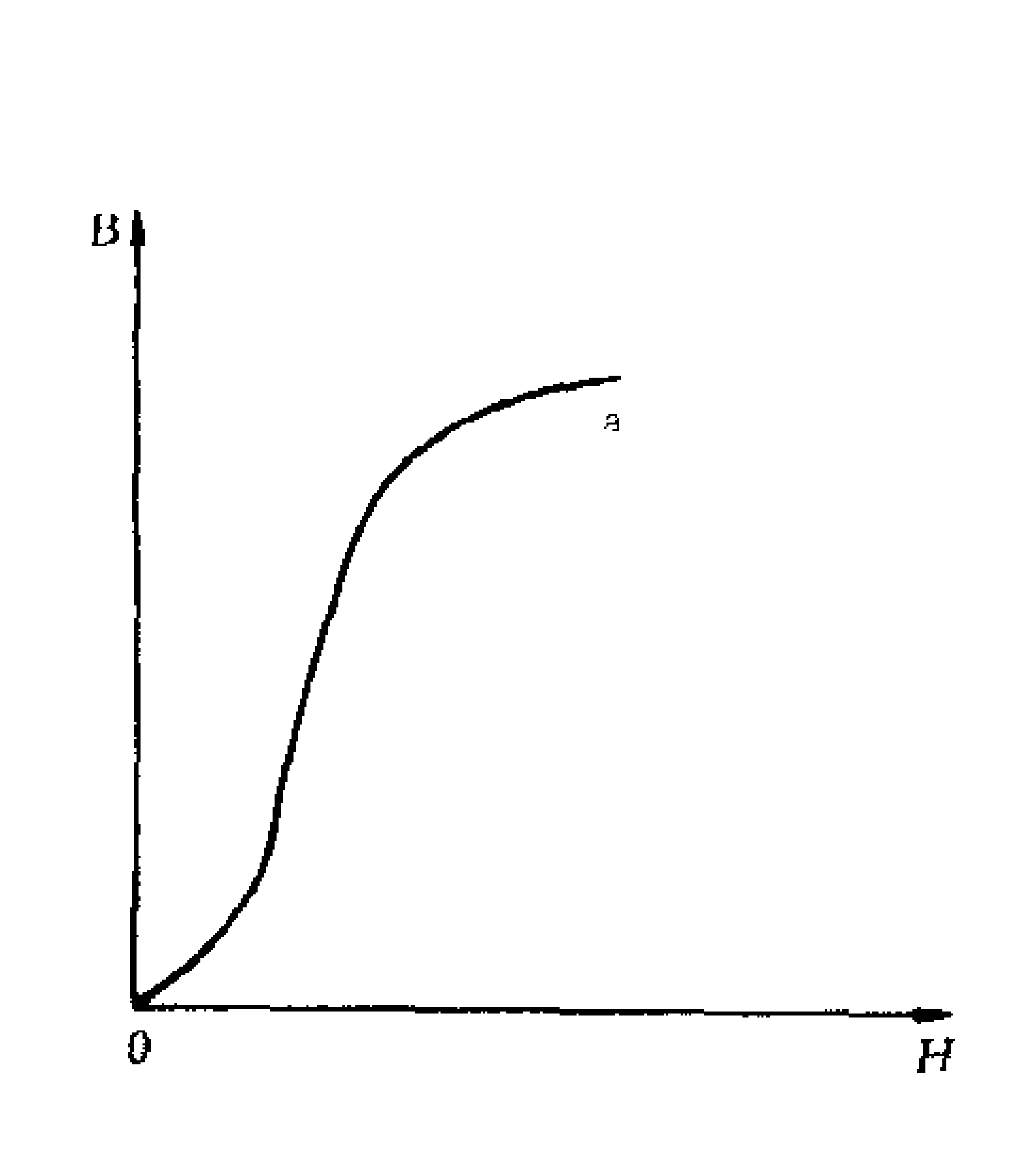


图 10-2 磁化曲线

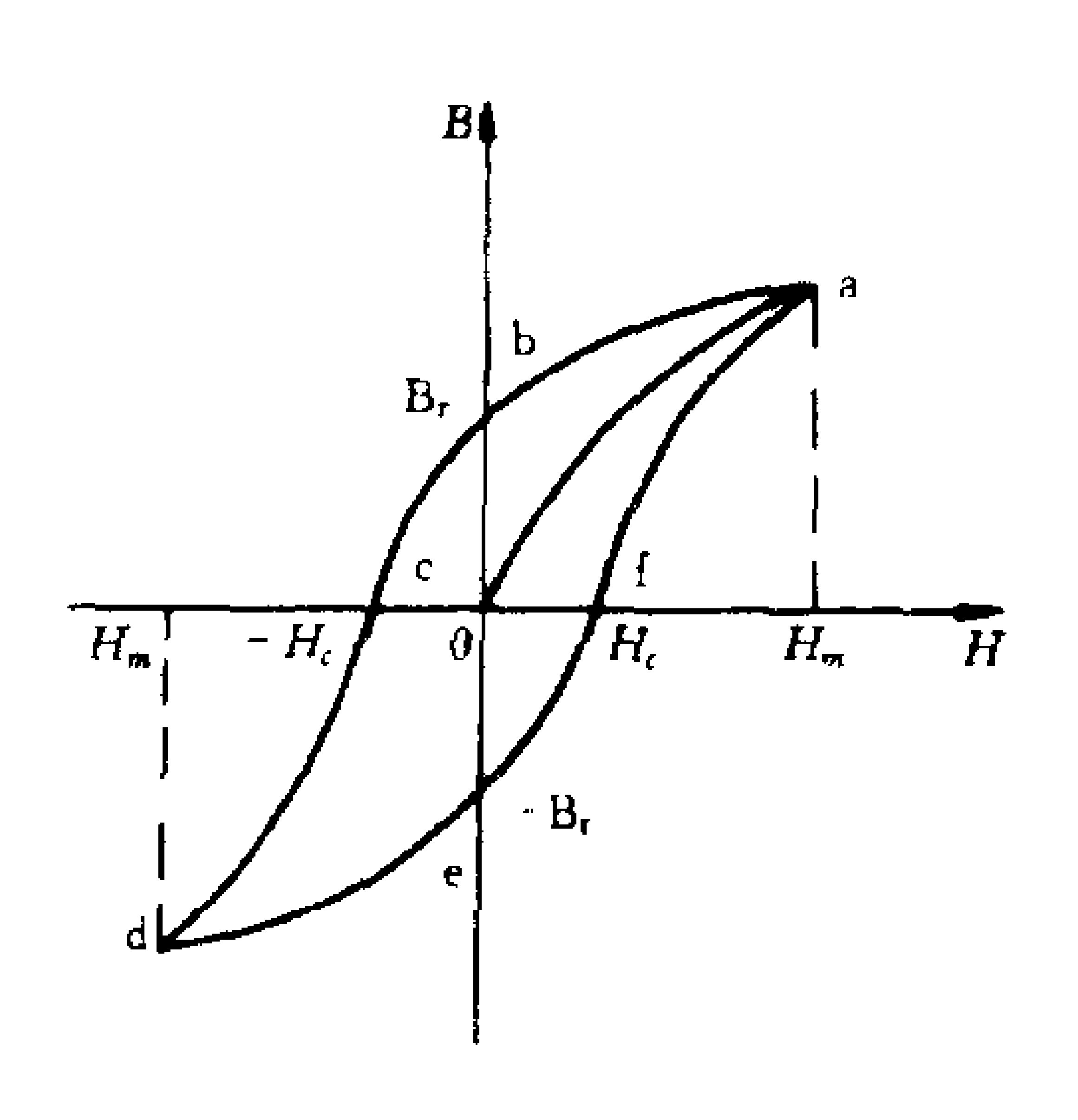


图 10-3 磁滞回线

如果改变磁化力的方向(电流反向增大)使 H 反向增加到 $-H_c$ 时,B 将沿 bc 曲线下降至零,$-H_c$ 是为克服剩磁所加的磁化力,称为矫顽磁力。矫顽磁力越大,被磁化材料的磁性越易于保持。

如果磁化力 H 继续沿反方向增大,则磁通密度将沿曲线 cd 变化,当磁化力增加到 $-H_m$ 时再逐渐减小到零,B 将沿 de 曲线到达 e 点。当再次使 H 正向增加到 H_m 时,B 将沿曲线 efa 回到饱和点 a,形成一团合回线(abcdefa),称为磁滞回线。磁滞现象说明铁磁材料在反复磁化过程中,材料的磁通密度始终滞后于

磁化力 H 的变化。

常用铁磁材料，根据剩磁及矫顽磁力的大小可分为软磁材料和硬磁材料。剩磁和矫顽磁力都小的铁磁材料叫软磁材料，录音机磁头铁心都是用软磁材料制成的。软磁材料的磁滞回线很窄，它与磁化曲线接近重合，剩磁很小，因此磁滞造成材料内部损耗（磁滞损耗）也小。硬磁材料是指剩磁与矫顽磁力很大的铁磁材料。硬磁材料的磁滞回线很宽，剩磁大，磁滞损耗也大，但是硬磁材料一旦被磁化，磁性就易于保持，所以录音磁带上的磁粉就是硬磁材料制成的。图 10－4 是软磁材料和硬磁材料磁滞回线的比较。

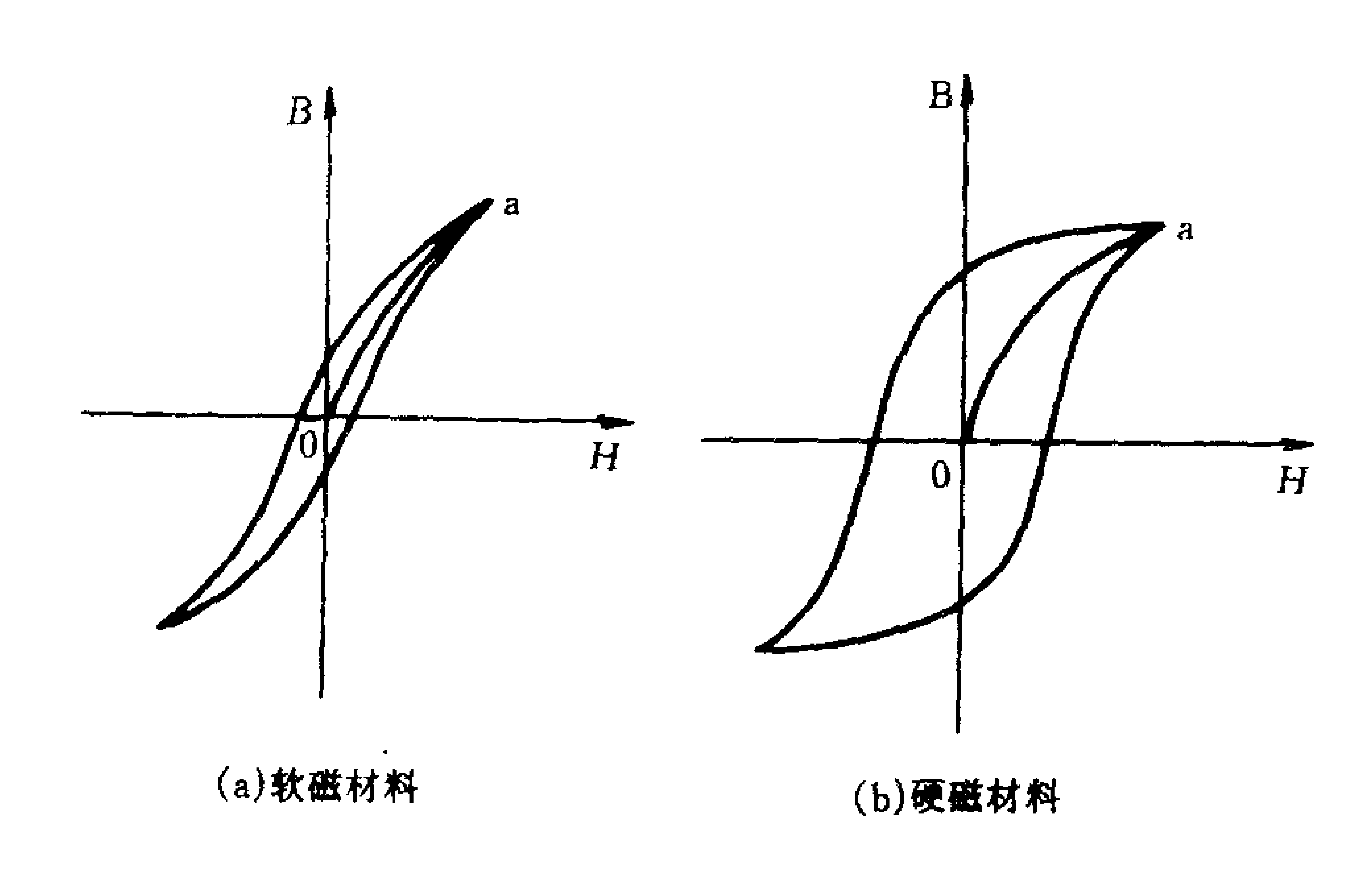


图 10－4　硬磁材料和软磁材料的磁滞回线

2. 磁带

磁带主要由带基及磁性层构成。带基通常由聚脂等塑料薄膜制成；磁性层由磁粉、粘合剂和添加剂构成，图 10－5 是磁带结构示意图。常见的磁带多属中、低速硬磁性磁带，它具有高的矫顽磁力和剩磁。

（1）磁带的分类。磁带种类繁多，常用磁带根据工作方式

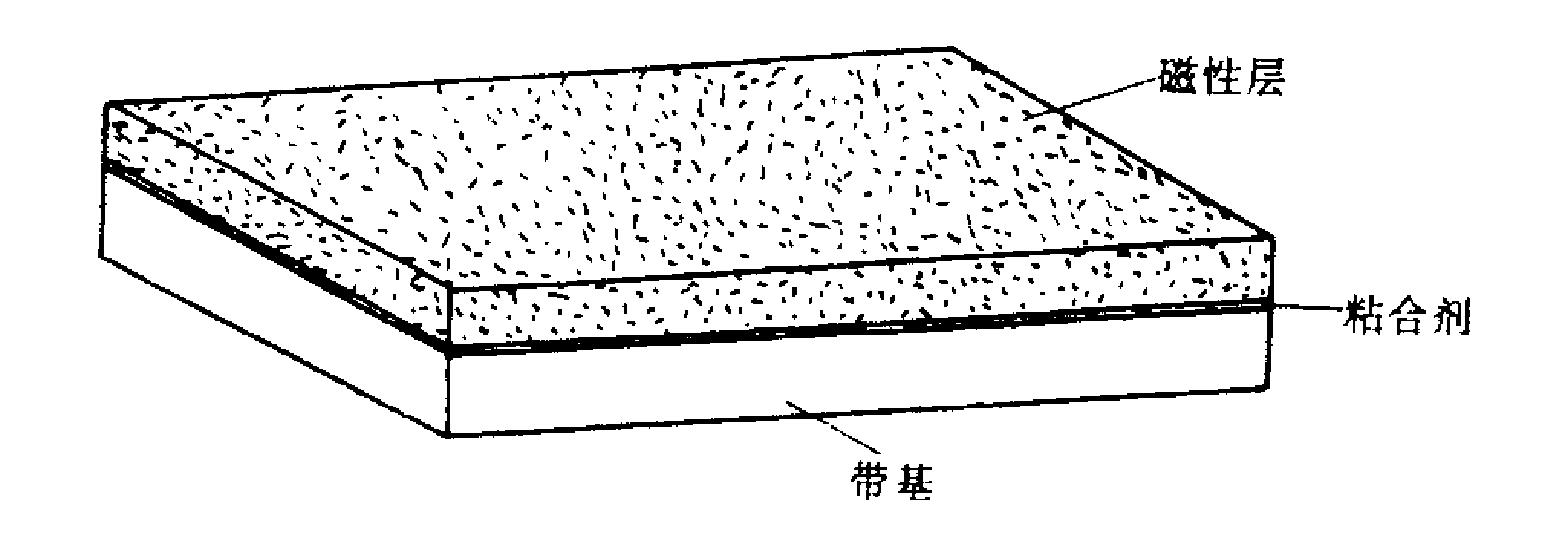


图 10－5　磁带的结构

的不同可分为盘式磁带、卡式磁带和盒式磁带三大类。盘式和卡式磁带带宽为 6.25mm，适用于盘式、卡式录音机；盒式磁带带宽为 3.81mm，适用于盒式录音机。根据带厚的不同，可有多种规格。图 10－6 是盘式磁带和盒式磁带的外形图。盒式磁带是应用最为广泛的一种磁带。下面重点介绍盒式磁带的构成和性能。

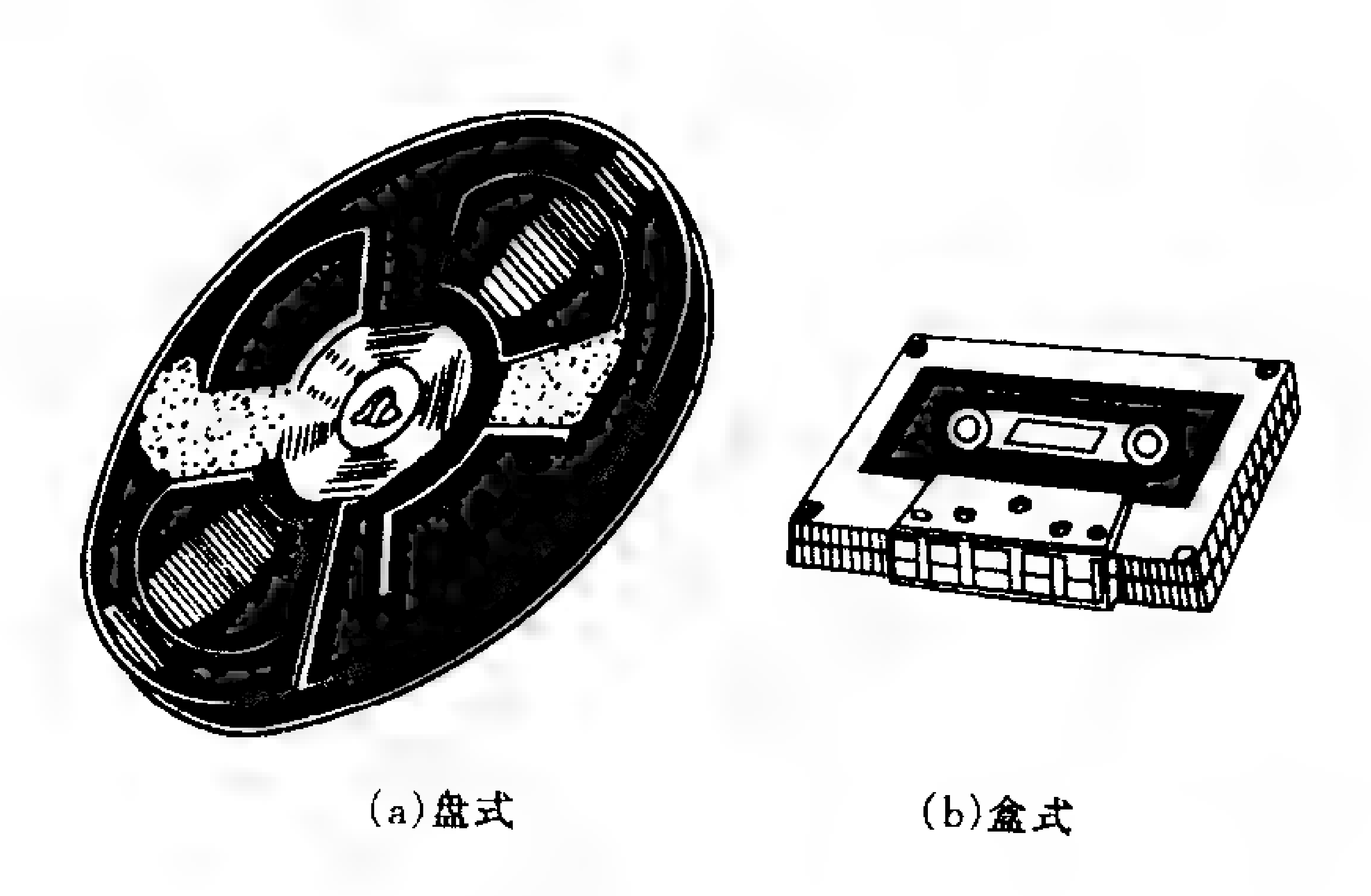


图 10－6　盘式磁带与盒式磁带

盒式带根据所使用的磁粉种类和工作偏磁范围的不同可分为四种类型：

普通带　属于氧化铁磁带，其磁性材料是 $\gamma\text{-}Fe_2O_3$，有低噪音带(LN)和低噪音高输出带(LH)之分。LN 型低、中频响较好，

高音频响较差，适于语言录音。LH 型高音频响好。输出电平高，适用于一般音乐节目。各厂家标注的 LN、D、CHF、HF、UD、BHF、AD、ED、SD、EX 等型均属普通带。

铬带　其磁粉材料为二氧化铬(CrO_2)。铬带具有比普通带更高的矫顽磁力和剩磁。它的特点是高频响应好，动态范围宽，噪声很低；录音时，需要较大的偏磁电流和专用的频率补偿网络，要求抹音功率也较大。由于 CrO_2 硬度高，一般要在高硬度磁头下使用。各厂家标注的 UD-EX、CR、CD-d、KR、SA 等型属于这类磁带。

铁铬带　其磁性层分为两层，表层为 CrO_2，底层为 γ-Fe_2O_3，它兼有氧化铁带在中、低频段输出大、灵敏度高和铬带高频响应好、噪声低的优点。标有 FC、FeCr、DUAD 等型的磁带属于这一类

金属带　磁性层由超细金属(Ni 镍、Fe 铁、Co 钴)磁粉涂覆，具有极高的矫顽磁力和剩磁，其动态范围很大，高频响应等指标是上述类型磁带所无法比拟的，特别适于录制动态范围宽的交响乐节目。但是必须有高硬度耐磨磁头和相应电路与之适应。日本产 TDKMA-R 型、索尼 METALLIC－46 属于此类。

盒式磁带按录放时间长短来分，主要规格如下表所示。

规　　格	两面录音时间(min)	磁带长度(m)	磁带厚度(μm)
C－30	30 (2×15)	45	18
C－45	45 (2×22.5)	68	18
C　60	60 (2×30)	90	18
C－90	90 (2×45)	135	12.5
C－120	120 (2×60)	180	9

（2）对磁带性能的主要要求。

灵敏度　这是衡量磁带电磁变换效率的重要指标。它表示在输入信号一定时磁带能够记录的剩磁通大小。剩磁通值常用“磁平”来表示。在磁性录音中，磁平可分为饱和剩余录音磁平、最大录音磁平、参考磁平、工作磁平等。其中工作磁平表示磁带在使用过程中所允许的最大磁通量。在正常情况下，它与所录节目信号的电平呈线性关系。因此可以用录音电平来间接表示。节目信号电平一般可通过录音机上的电平表来监视。在保证不降低失真度等指标的前提下，工作磁平越大越好。爱好者在鉴别磁带灵敏度时，可以用名牌同类型磁带做范带与要鉴别的磁带同在一台具有手动录音电平控制钮的录音机上，以同一录音电平录制同一节目，然后放音，则输出电平越高（相对范带而言）灵敏度越好。灵敏度低的磁带输出小，噪声大，效果差。

频率响应　磁带对不同频率信号有不同的幅频特性。我们希望磁带的录放频响曲线越平直越好。由于录音时有各种高频损耗，使磁带剩磁通与频响的关系曲线在高频端出现下跌，因此国际上规定了各种类型磁带的频率补偿标准。一般磁带盒衬纸上都有 EQ－120μs，或 EQ－70μs 字样，120μs、70μs 表示转折频率的时间常数 τ，τ 与转折频率的关系式为 $f=\frac{1}{2\pi\tau}$。各厂家设计录音机时都以此为标准，只要 τ 值相同的磁带在同一录音机上使用，均会得到相同的频率补偿。质量差的磁带频响就不一定有保证。爱好者仍可以用名牌磁带做范带，与要鉴定的磁带以同样的录音电平（－5dB 左右）录制一段高音质的原声带节目，然后放音比较，带子的高音越丰富，频率响应越宽。

噪声　磁带本身引起的噪声因素很多，如磁粉颗粒分布不均匀、磁带表面不光滑以及磁性能的非线性引起的调制噪声等。

磁带噪声过大会使信噪比变小。爱好者可以对磁带进行无信号录音，然后开大音量放音，鉴别不同牌号磁带的噪声电平大小。

最大输出电平　它指磁带不超过规定失真度时所能达到的最大输出电平。这个数值越高表示磁带的动态范围越大。最大输出电平与磁带噪声电平有关，噪声大时为了提高信噪比，必须提高信号输入电平，这样就减小了动态范围。因此磁带的最大输出电平越高越好。爱好者可以根据录音时，随着录音电平的提高放音失真将逐渐增加的情况，来比较不同磁带的输出情况。比如一盘磁带，录音电平为0dB时出现放音失真，而另一盘磁带在+3dB时才出现失真，则后者最大输出电平高，磁带质量也好。

磁带除了上述几个主要电磁性能指标外，还有最佳偏磁电流、复印效应、均匀性等指标，这里就不一一介绍了。磁带机械性能好坏也直接影响磁带的质量。机械性能主要取决于带基的材料和厚度，要求带基柔韧光洁，抗张力强，拉伸小，厚度均匀，不易老化，并且受温度、湿度影响小。盒式磁带的带盒精密与否，也是衡量盒式磁带质量的一个重要方面。它的好坏，不仅影响磁带电磁性能的发挥，而且直接影响录音机的工作可靠性。

(3) 磁带的音迹。磁带在工作时，接触磁头铁心缝隙的部分被磁化，走带过程中会留下带状磁迹，这种带状磁迹叫做磁带的音迹。除了专业录音以磁带全宽作单磁迹录音外，一般为了节省磁带都采用多音迹形式。磁带的音迹根据录音机声道数的不同可分双音迹、四音迹等形式（如图10－7所示）。考虑磁头铁心的安装误差及防止相邻磁迹之间的信息串扰，音迹之间留有一定的空白区。磁带的A面和B面可以分别录制不同节目。

3．磁头

磁头是磁性录音实现电磁变换的关键部件。磁头在录音机

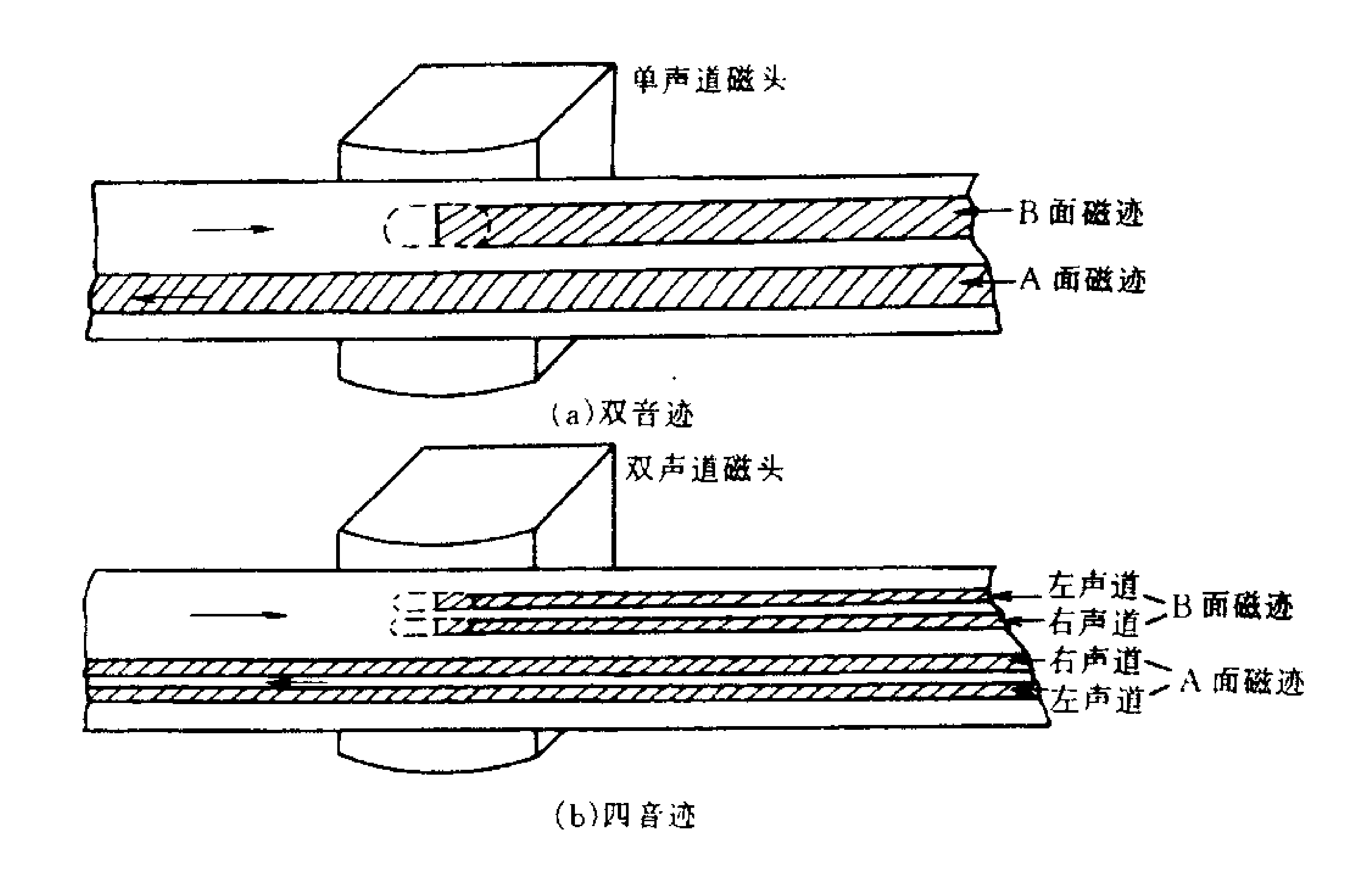


图 10－7　常用音迹形式

上的作用主要有三个：

录音时，通过录音磁头把音频电信号转换为剩磁信号记录在磁带上；放音时，通过放音磁头把磁带上的剩磁信号转换为音频电信号，再经放大器放声；抹音时，通过抹音磁头把不需保留的磁带剩磁信号消去。

(1) 磁头的结构和分类。磁头实际上就是一个制造精密的电磁铁，它由铁心、线圈和屏蔽外罩组成，其内部结构及符号见图 10－8。一般磁头铁心都是由高导磁率的软磁材料制成，铁心两边绕有相同绕组的线圈。它与一般电磁铁不同的是铁心前后开有两条缝隙，与磁带接触的前隙是工作缝隙，隙间用导磁率极低的铍铜、磷铜等填充，以增加磁阻；后隙叫做辅助缝隙，用以防止铁心饱和(放音头、抹音头及盒式录音机磁头，一般没有后隙)。屏蔽罩的作用是防止外界磁场的干扰。

磁头根据铁心材料的不同主要有以下几种：

坡莫合金磁头　铁心由坡莫合金片叠制而成。磁头具有涡

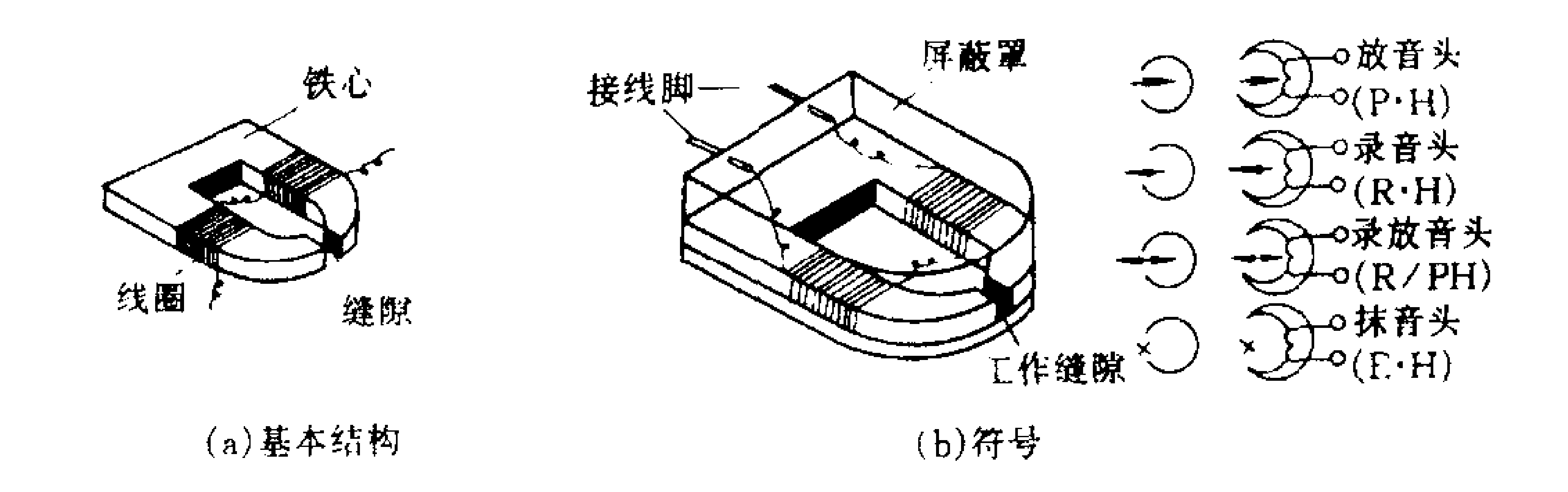


图 10-8 磁头的基本结构和符号

流损耗小、导磁率高等优点，缺点是硬度低，易磨损。这种磁头多用在普及型录音机上。

铁氧体磁头 铁心由软磁性铁氧体材料热压而成，其电阻率很大，涡流损耗很小，而且铁心硬度较度，耐磨损。中高档录音机一般采用这种磁头。

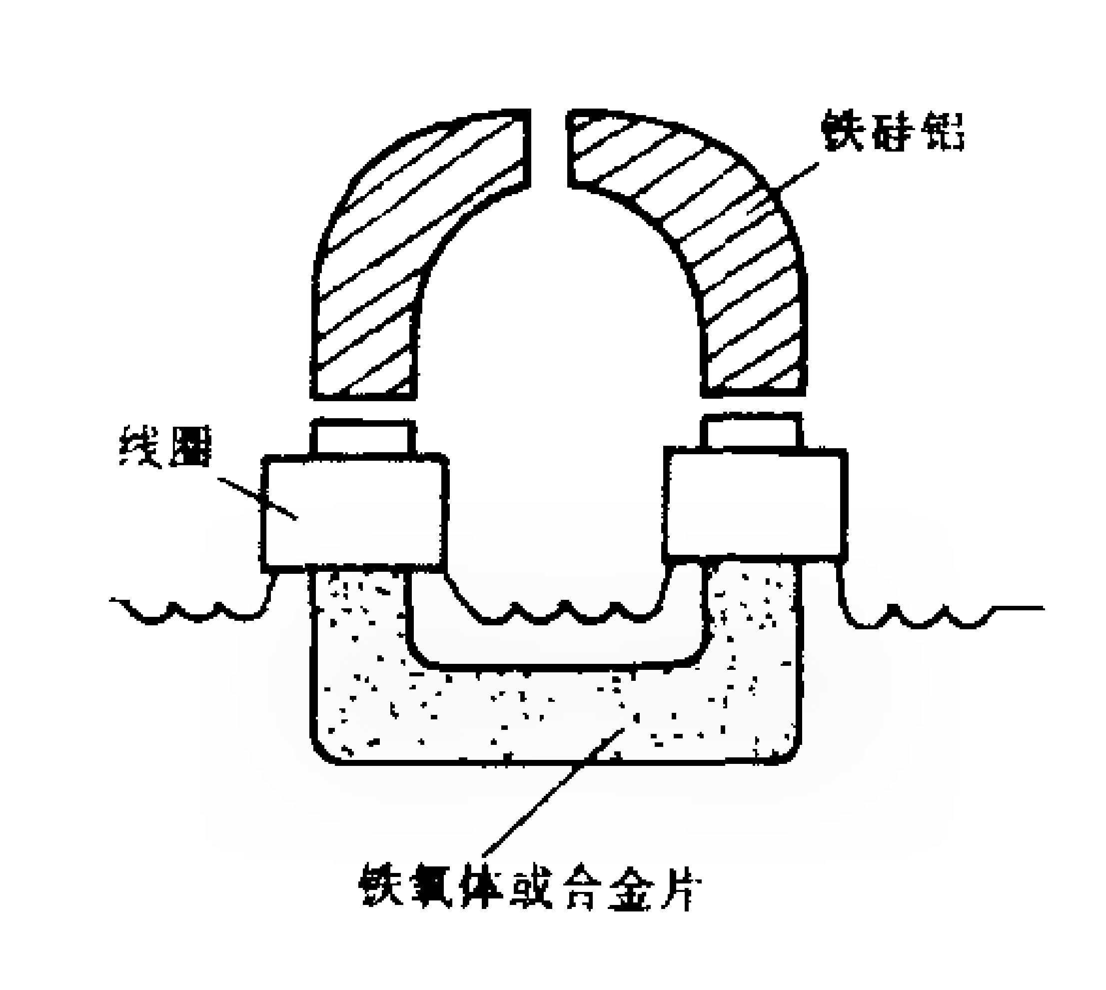


图 10-9 组合式磁头的结构

合金磁头 铁心由铁硅铝合金材料制成。铁硅铝具有高饱和磁感应强度，耐磨性能很好。由于铁硅铝材料质地硬脆，加工困难，一般合金磁头都采用组合式，即在易磨损的磁头尖部用铁硅铝材料，而其它部分仍使用坡莫合金或铁氧体材料。组合式磁头兼有两种材料的各自优点，性能更有所提高，一般用在高级录音座上。图 10-9 是组合式磁头的结构示意图。

磁头按功能分为录音磁头、放音磁头、抹音磁头和录音放音两用磁头。录音磁头要求工作缝隙有最佳集中磁场的作用，缝隙间要有很大的磁阻，以使磁力线绝大部分从磁带通过。放音磁头与录音磁头结构相同，要求工作缝隙越窄越好，以提高高频响应。抹音磁头根据抹音方式不同可分为直流抹音头、交流抹

音头和永磁抹音头。直流、交流抹音头结构与录放磁头基本相同，只是工作缝隙宽一些。直流抹音头的铁心线圈圈数较多(直流电阻几百欧)，而交流抹音头圈数较少(直流电阻几欧)。永磁抹音头是由磁钢或钡锌铁氧体等硬磁材料经充磁后制成的。

根据磁路不同还可有单声道磁头和双声道磁头(立体声磁头)等类型。双声道磁头的左右声道各有独立的铁心、线圈和工作缝隙，两个缝隙之间隔有屏蔽片。在同样宽的磁带上，每声道记录的磁迹只有单声道磁头的一半略小，所以其工作缝隙的长度也只是单声道磁头的一半左右。图 10－10 示出两种磁头外形上的区别

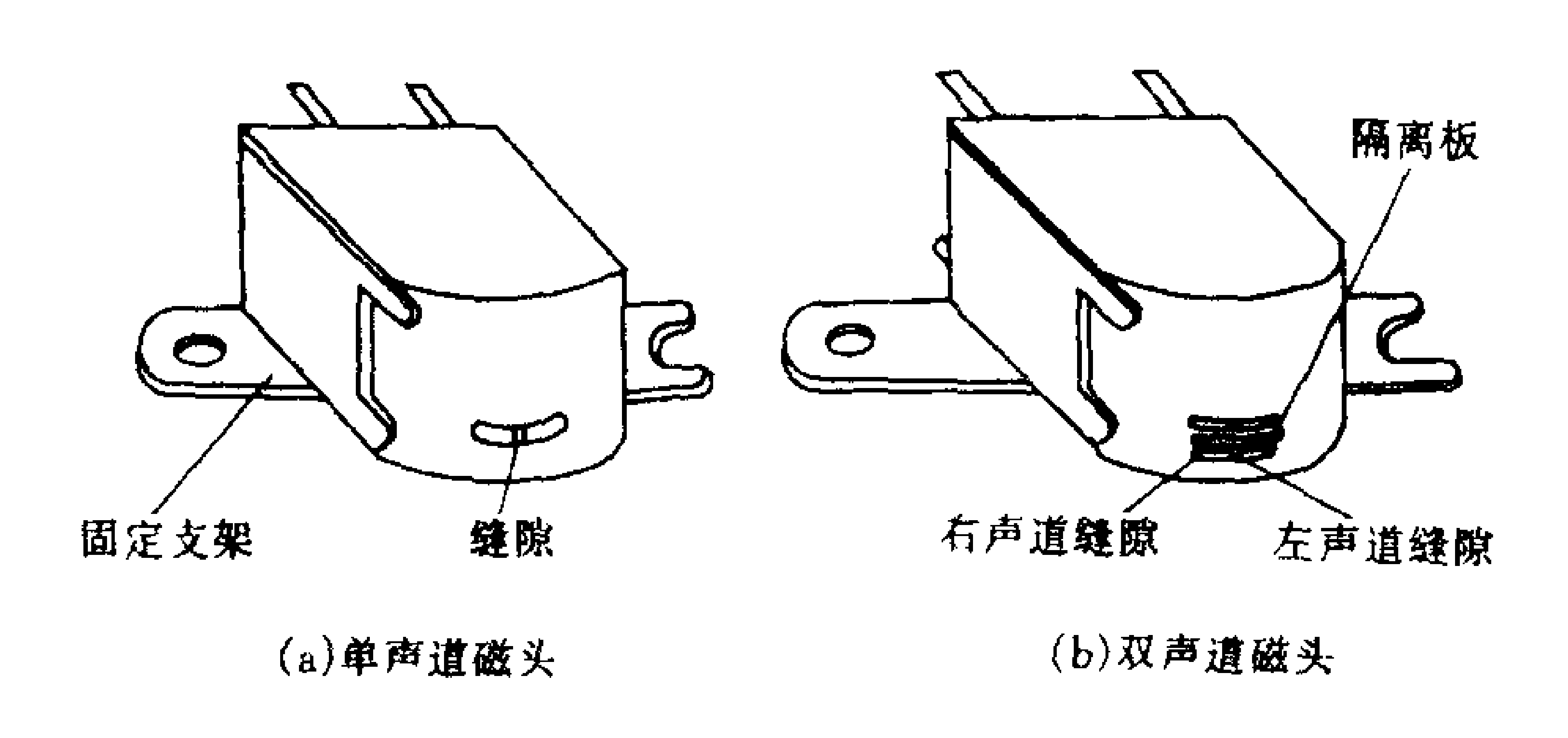


图 10－10 单声道和双声道磁头

(2) 磁头的主要性能。

阻抗 磁头的阻抗指铁心线圈对 1kHz 交流信号的阻抗。磁头有高阻抗和低阻抗之分。录音磁头阻抗应当低一些，以保证录音电流的稳定；放音磁头阻抗应当高，以便从磁带上感应较高的电压；录放两用磁头的阻抗应兼顾录音和放音的特性要求。盒式录音机使用的录放磁头阻抗，一般在 1kΩ 左右。

灵敏度 有录音灵敏度和放音灵敏度之分。录音灵敏度系指在规定偏磁条件下，对 315Hz 的参考频率信号录音，当用基准

带录到参考磁平时 250nWb/m，以流过磁头的电流大小衡量录音灵敏度，一般为 100μA 左右。放音灵敏度系指用上述方法录制的磁带放音，在磁头两端产生的开路电动势大小，一般录放磁头在 0.1mV～1mV 之间。

频率响应　磁头的频率响应对录音机整机的频率响应影响很大。其频响也有录音频响与放音频响之分。录音频响与偏磁大小、缝隙宽度等有关。放音频响主要决定于缝隙宽度。生产厂通过专用设备测出的频响指标均在说明书上注明。普通录放磁头的频响为 6kHz～8kHz 左右。录音座上专用的磁头频响可高达 20kHz 以上。

偏磁电流　录音磁头用规定的磁平录音，当灵敏度、失真度和频率响应都有较好效果时相应的偏磁电流叫做最佳偏磁电流。普通录放磁头的偏磁电流一般在 0.4mA～1.2mA 之间。

抹音效果　对以饱和磁平录音的磁带进行抹音，能够抹掉的分贝数称为抹音效果，一般抹音头都大于 50dB。抹音效果和抹音电流直接相关；抹音电流大，抹音效果就好。对于普通标准带交流抹音电流多在 30mA～90mA 左右，直流抹音电流多为 10mA 左右。

磁头寿命　磁头寿命即磁头的耐磨性。它与磁头铁心材料、缝隙深度、表面精度及所使用的磁带种类和质量有关。一般以工作缝隙被磨剩到 60%时，性能明显下降为限。普通磁头的寿命一般都在 1000 小时以上。

四、磁带传动机构简介

磁带录音机在录音和放音过程中，磁带要相对于磁头作恒速运动。为了使用方便还需要有快进、倒带、停止等功能。担当这些功能的机械传动机构是磁带录音机不可缺少的部分。

走带机构主要由直流或交流电机、主导轴、压带轮、整速飞轮、供带轮、收带轮、张力轮、惰轮、皮带等组成。它们与支架、按键等构成一个整体，通常称为"机芯"。

恒速走带是传动机构的重要动作。恒速驱动走带的关键部件是电动机、主导轴、压带轮和飞轮。电动机是机械传动的动力。录音机使用的电动机要求转速稳定，噪声低，磁场干扰小，结构小巧。交流电机在电子管盘式录音机中使用较多。直流电机主要应用在晶体管录音机中。图 10－11 是应用最多的盒式录音机小型直流电机的外形及结构示意图。直流电机的转速随电源电压的变动及负载力矩的变化而变化，所以必须有稳速装置。离心式稳速器的构造原理如图 10－12 所示。它由稳速架、簧片、离心锤和调整螺丝组成。当电机转速增高时，由于离心力的作用，离心锤带动簧片上的动触点脱离静触点而切断线圈中的电流，转速减慢，离心力减小，簧片依靠自身弹力又使动触点与静触点闭合，线圈中电流流通，转速变快，如此迅速开合，使电机转速稳定在一个平均值上。调节静触点螺丝，可以获得我们需要的工作速度。关于电子调速器的工作原理将在以后章节介绍。主导轴由不锈钢制成，其光洁度、不圆度、不直度要求极高。

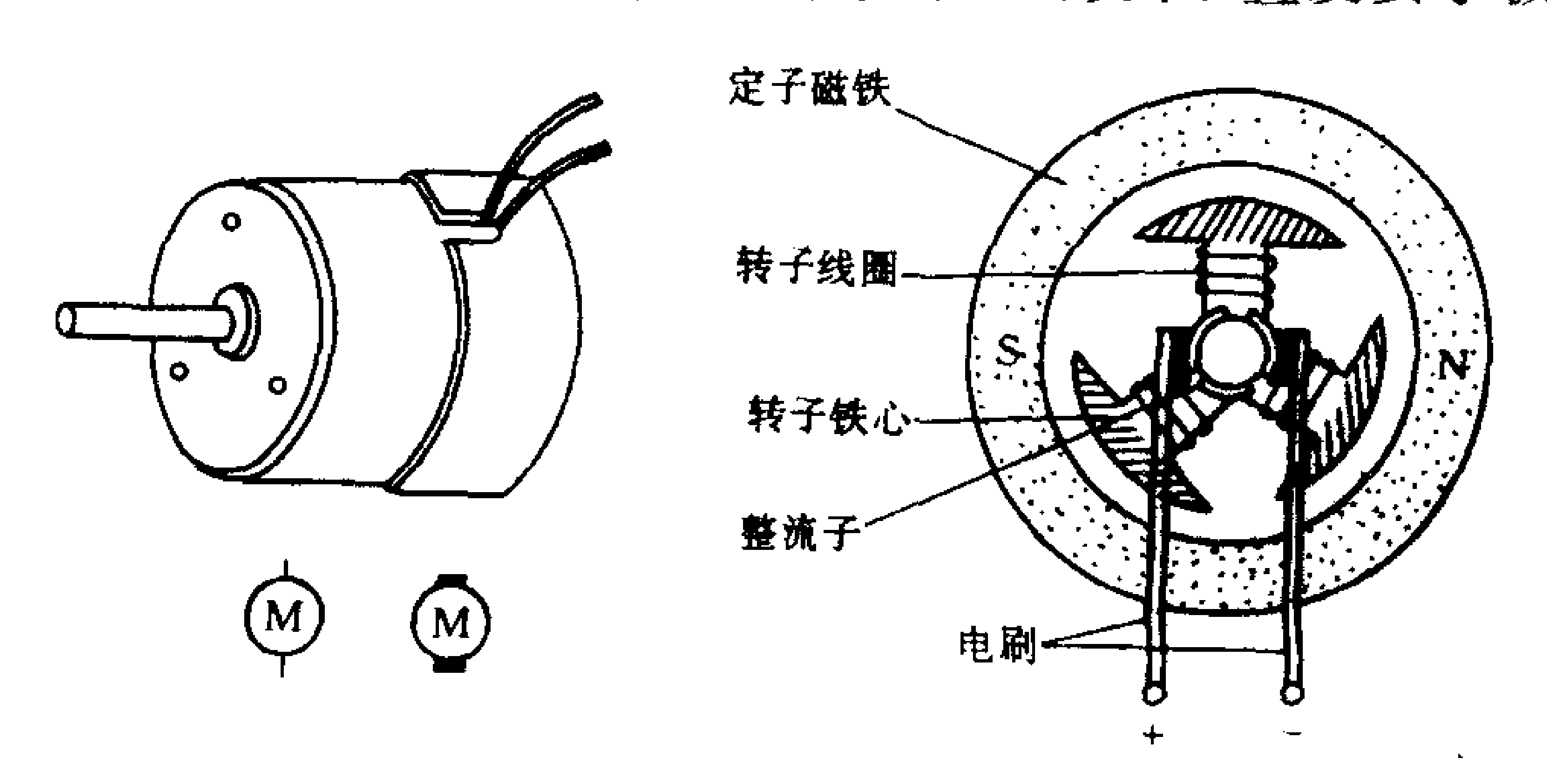


图 10－11　直流电机的外型和结构

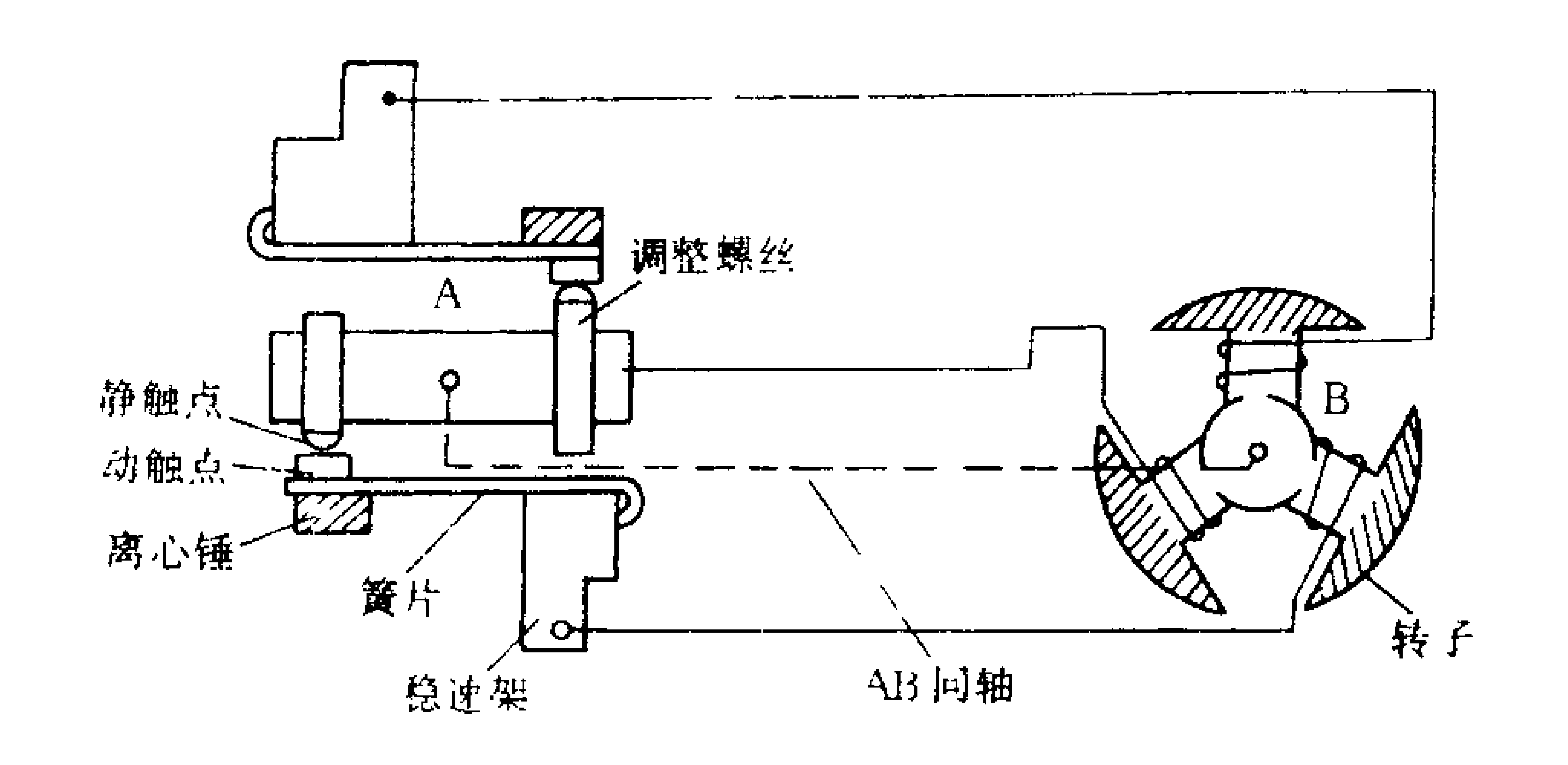


图 10－12　离心稳速器结构

它的作用是驱动磁带恒速运行。带速取决于主导轴的直径和转速。主导轴轴承是精密度很高的含油轴承。保证磁带压贴在主导轴上的压带轮由弹性十分均匀的橡胶外缘及轴套、轴承构成。飞轮是比重较大的金属轮。它与主导轴靠轴套紧固在一起，其作用是使机械传动部分及负载变化时产生的瞬时转速变化得到稳定，同时电动机的动力还要以不同方式通过飞轮驱使主导轴转动。图 10－13 是由电机、主导轴、飞轮及压带轮、机芯开关等构成的主导机构示意图。图中所示是使用最为普遍的皮带驱动

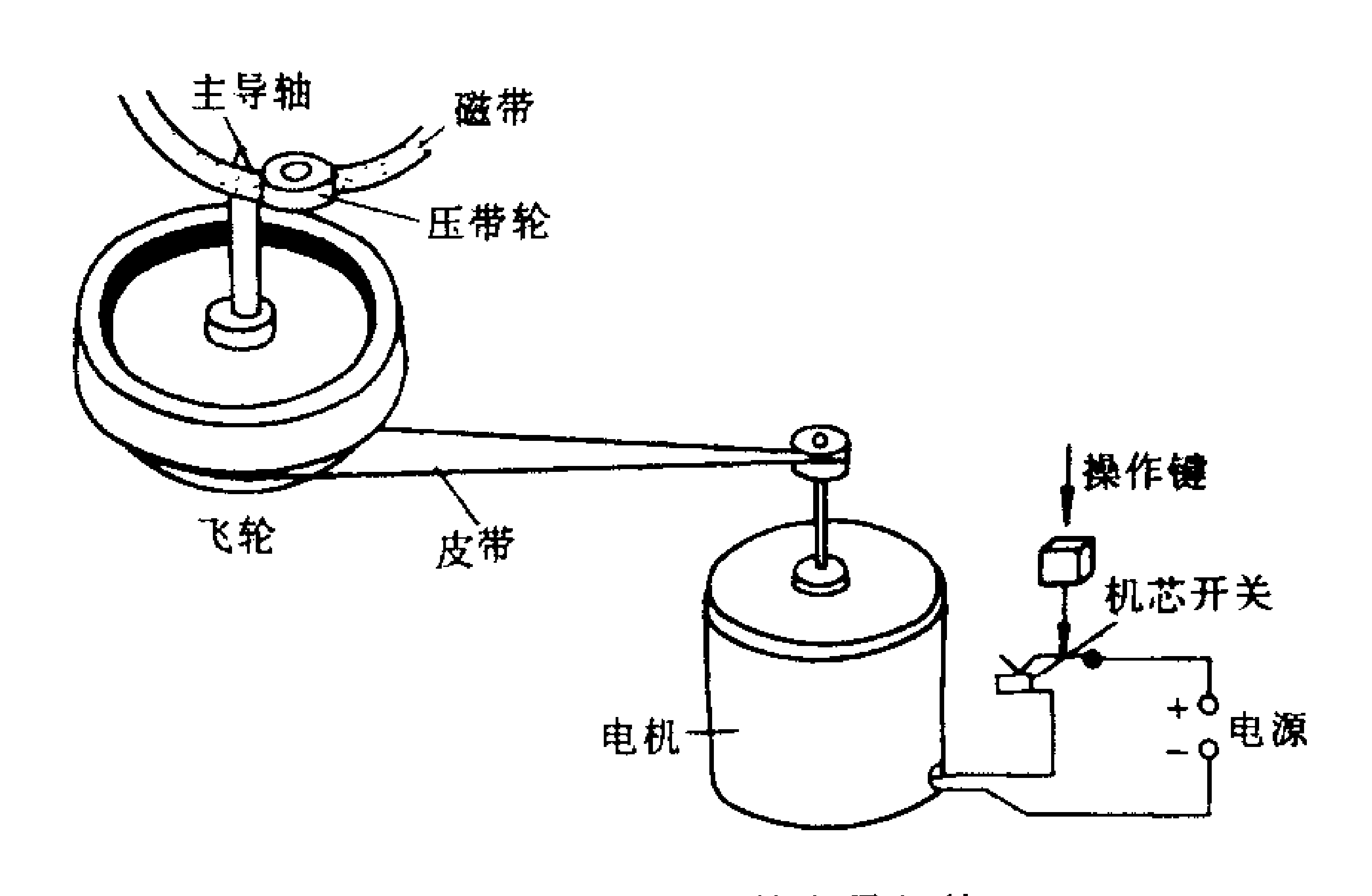
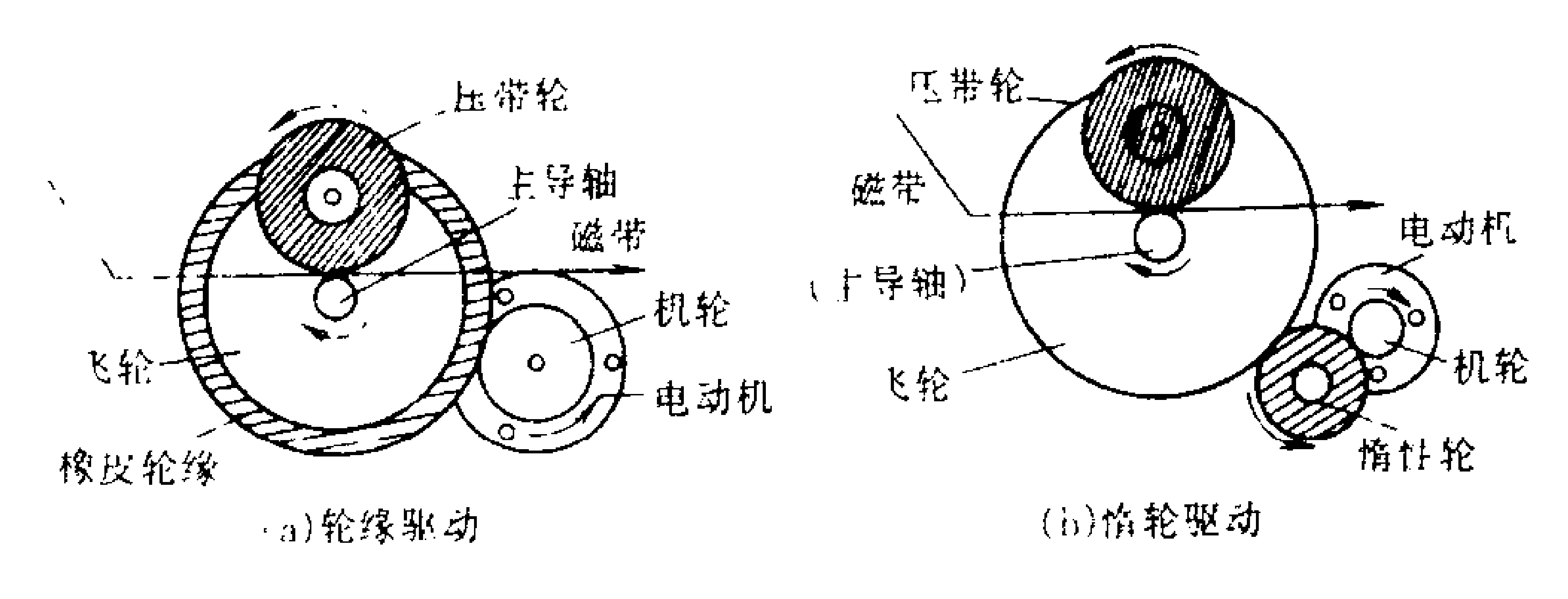
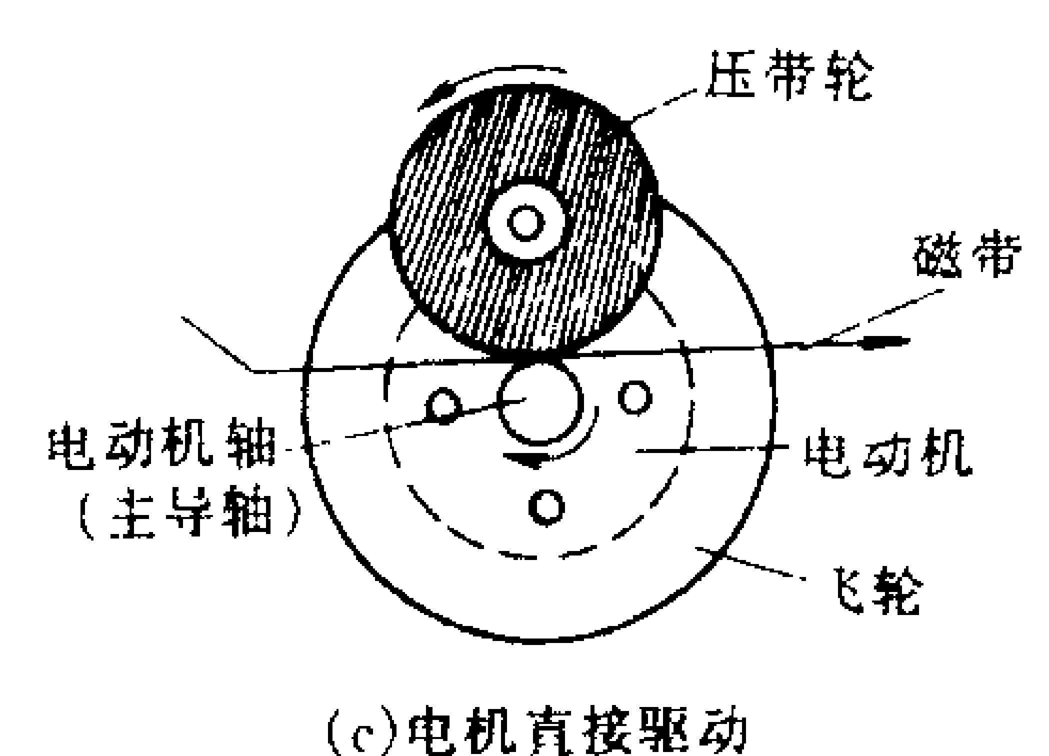


图 10－13　机芯的主导机构

方式 此外还可有轮缘驱动、惰轮驱动及电机直接驱动等方式(图 10－14)。



(a)轮缘驱动 (b)惰轮驱动



(c)电机直接驱动

图 10－14 其它驱动方式

图 10－15 画出了盘式录音机和盒式录音机的走带机构平面示意图。

下面以盒式录音机走带机构为例，简单介绍走带机构的三个主要动作。

1. 恒速走带

恒速走带是录音或放音时的动作。录放音时，压带轮把磁带紧贴在主导轴上，同时动力通过皮带传给飞轮，带动主导轴驱动磁带恒速前进。驱动走带的同时，驱动涨带轮，带动与其同轴的卷带小轴靠在卷带盘的橡胶外缘上，拖动磁带盘收卷磁带(图 10－16)。

2. 快进

快进主要用于节目检索。快进时，压带轮脱离主导轴，磁头

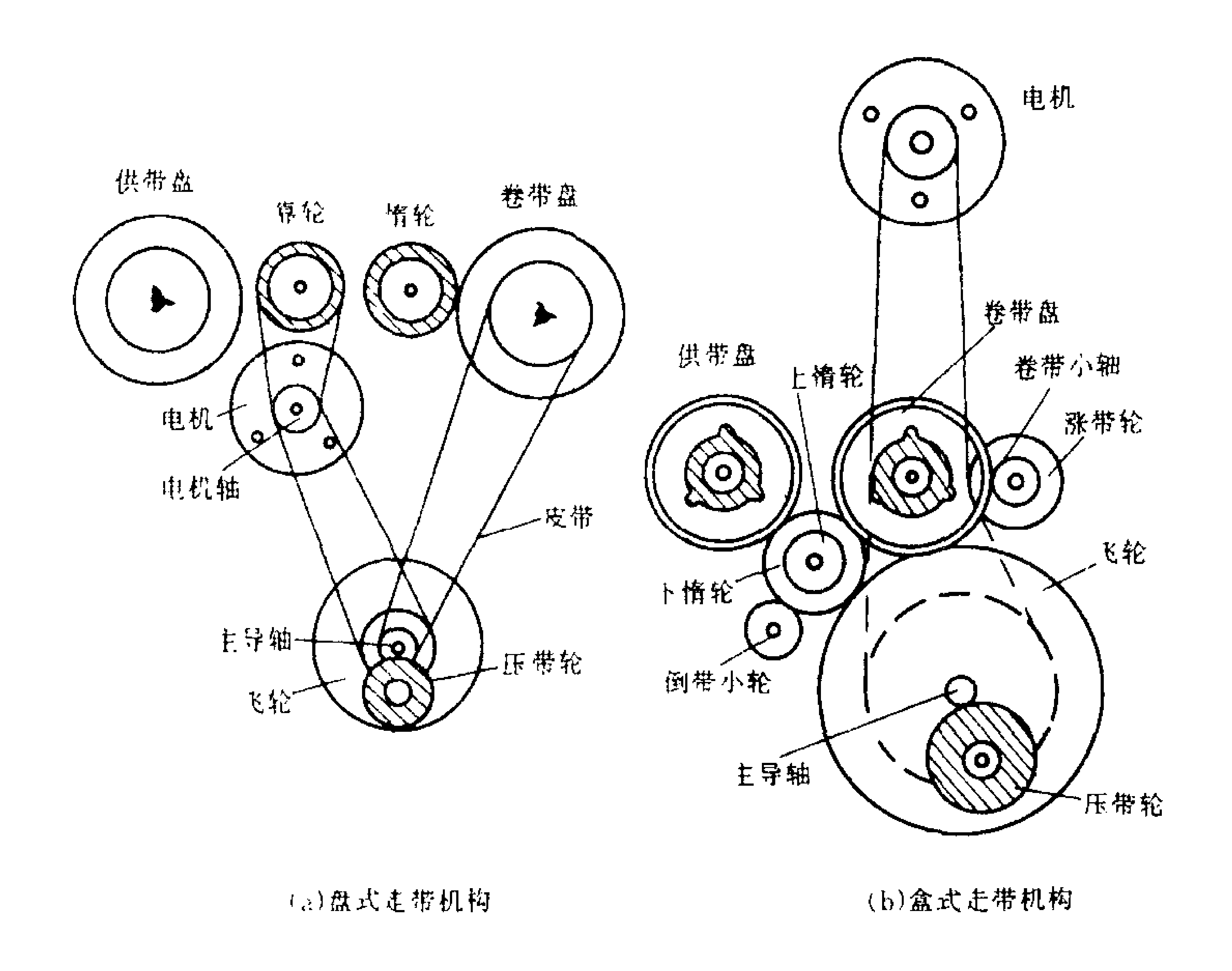


图 10－15　盘式与盒式走带机构平面图

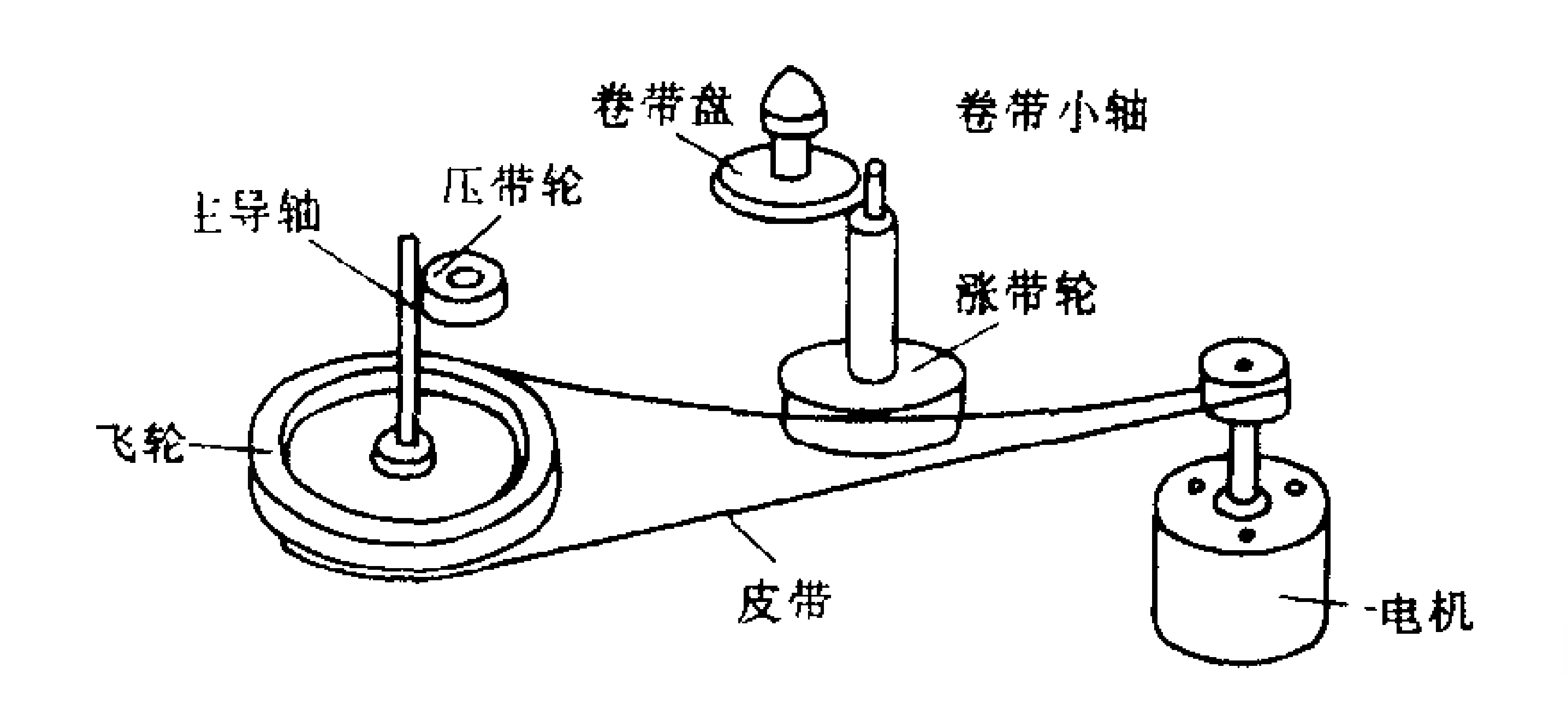


图 10－16　恒速走带状态示意图

脱离磁带，快进轮组下惰轮靠在转动的飞轮上。上惰轮靠在卷带盘上带动卷带盘快速拖动磁带前进(图 10－17)。

3．倒带

倒带主要用于节目重放。倒带时，压带轮脱离主导轴，磁头

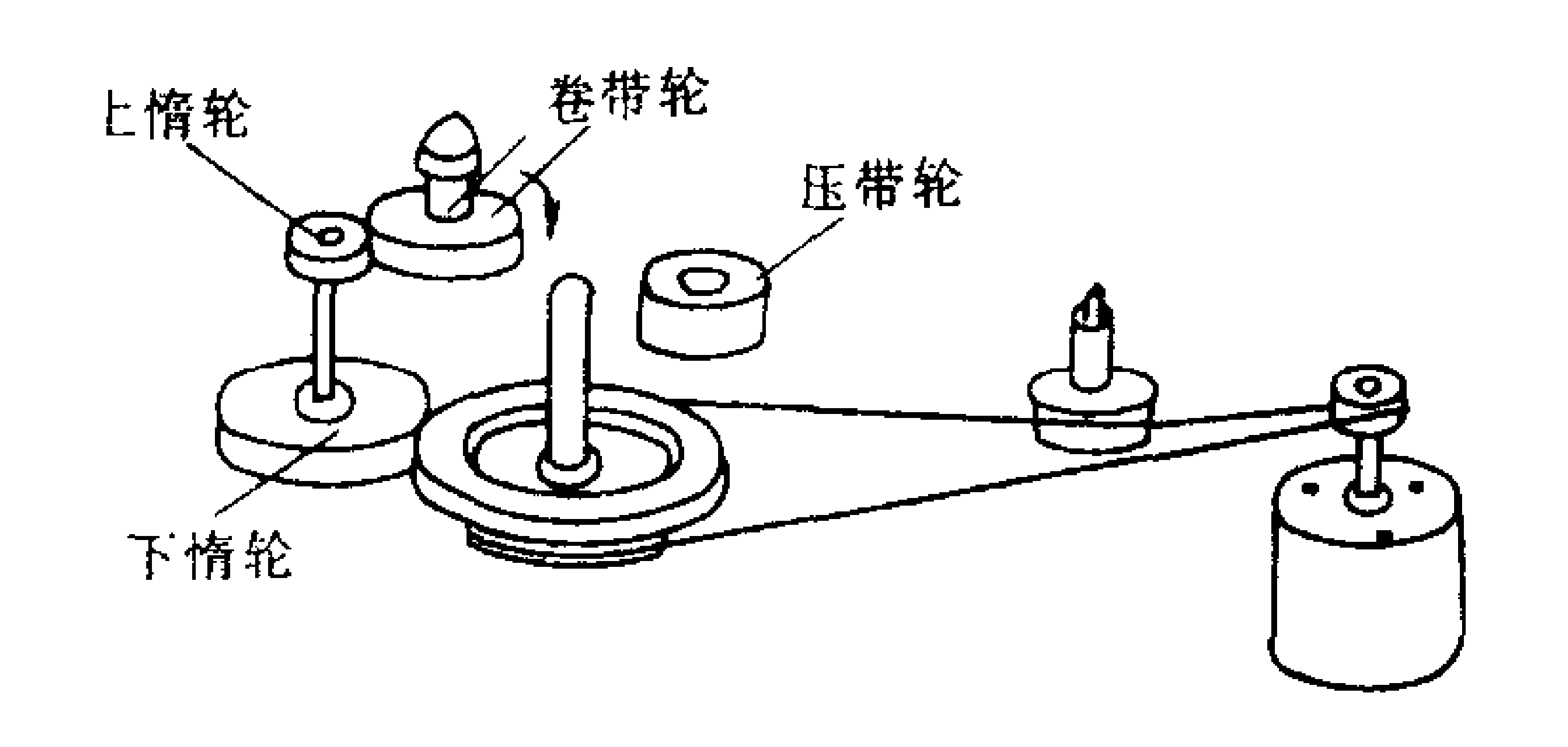


图 10－17　快进状态示意图

脱离磁带，快进轮组下惰轮靠在转动的飞轮上，上惰轮挤靠倒带小轮，使之与供带轮相靠，供带轮逆时针快速转动，倒回磁带(图 10－18)。

除上面的三个基本动作外，录音机还要具有停止、暂停等动作。停止动作使各功能按键复位，直流电源切断，录音机停止工作。暂停动作只是使压带轮脱离主导轴，磁带停止前进，而电机及电路仍处于工作状态。使用暂停键主要为了减小开关通断噪声，减小录音噪声。

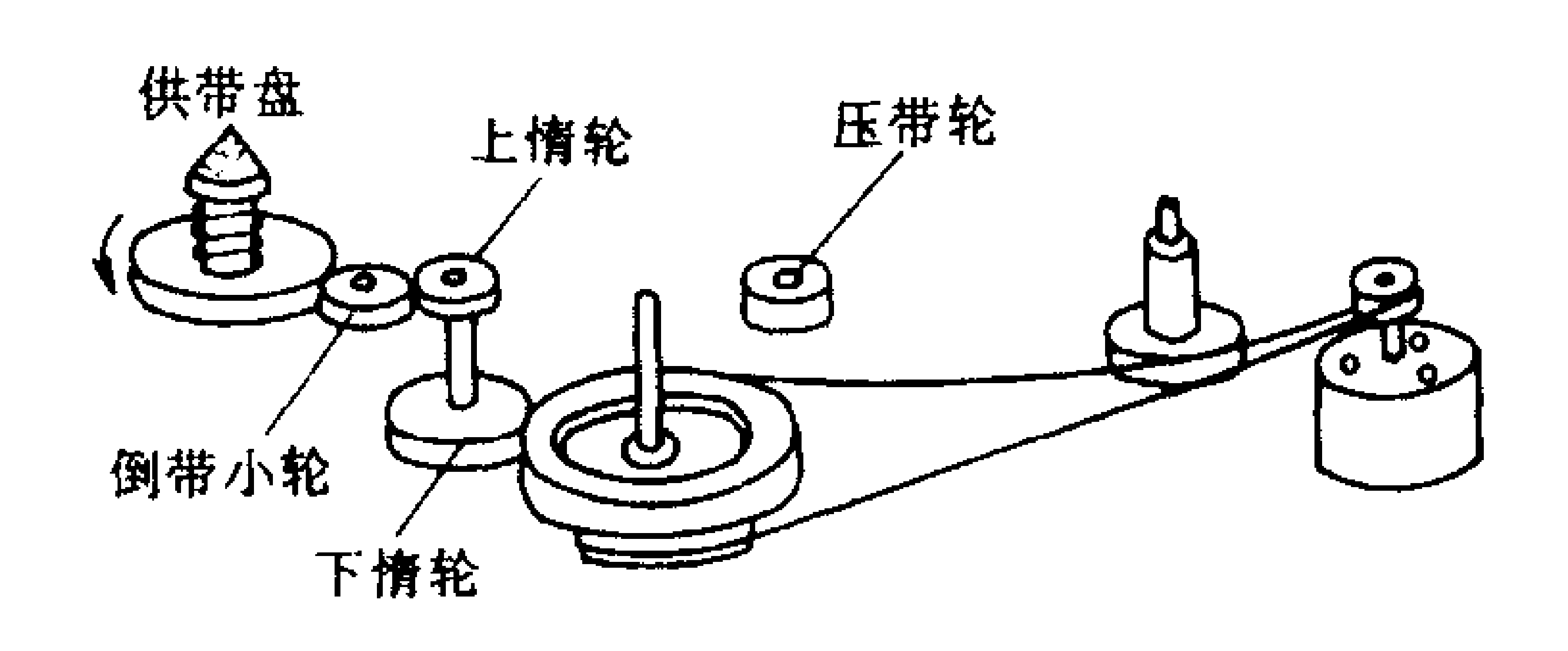


图 10－18　倒带状态示意图

五、对磁带录音机的主要要求

1. 信噪比

录音机在录音和放音过程中，会引入一定的噪声。噪声来源很多，主要有背景噪声和调制噪声。背景噪声是指与信号无

关的噪声。它主要来源于磁带、磁头和放大器。磁带由于磁性层磁粉微粒分布的不均匀性,形成一定磁场,被磁头"检拾"而输出噪声电压;另外,抹音不良、外界磁场及偏磁电流的影响也会形成少量剩磁,通过磁头感应以噪声形式输出。磁头的附加磁化和放大器(特别是前置放大器)的固有噪声,都会使无信号放音时,出现背景噪声。调制噪声是与信号共存、调制在信号上的噪声。由于磁带表面不光滑,磁带磁头相对运动不稳定、会引起信号幅度忽大忽小,形成所谓"幅度调制噪声"。由于带速不稳,机械传动抖晃,会使信号频率忽高忽低,形成所谓"频率调制噪声"。这两种噪声常常不同程度的同时存在着。此外,录音机电动机、变压器等电磁元件的磁场外泄会形成干扰噪声,放大器电路屏蔽不良及录音操作不正确等也会引进各种噪声。这些噪声都会降低录音机的信噪比。

录音机的信噪比一般指音频信号通过录音和放音全过程后,输出信号电平与噪声电平之差的全通道信噪比,比值越大,放音噪声越小。一般录音机的信噪比至少要在 30dB 以上。对于优质录音机,往往主要考虑磁带背景噪声的影响,高级机还要采用降噪电路进一步提高信噪比。

2. 频率响应

录音机在录音和放音时,录放系统都有各自的频率响应。衡量录音机频响用全通道频率响应这个指标,它指通过对音频信号的录音和放音过程所表现的总频率特性。一般普及型录音机的频响在 125Hz ~ 6300Hz 之间,二级机在 63Hz ~ 8000Hz 之间,一级机在 30Hz ~ 16000Hz 之间,一些高级录音座的上限频率可达 20000Hz。频率响应是录音机磁头、磁带及放大器本身频响的综合表现。频响越宽,音质越好。频响的上限频率还和带速及磁头工作缝隙宽度有关;缝隙越窄、带速越快,高频响应越

好。

3. 谐波失真

录音机的谐波失真指通过对音频信号的录音、放音全过程后所产生的非线性失真。谐波失真主要取决于录音、放音放大器的非线性失真程度。普及型录音机电压失真一般小于5%～7%，功率失真小于8%～10%，高级机的功率输出失真有的可以小于1%。一般录音机输出功率大一些，在同等音量放音时要比输出功率小的录音机失真小。

4. 抖晃率

走带机构运行中引起磁带速度瞬时变化，这一变化对录放音信号产生寄生调频，使放音时声音抖颤，这种现象叫抖晃。抖晃率指寄生调频的频偏与录放音信号之比的百分数，即

$$抖晃率 = \frac{\Delta f}{f_0} \times 100\%$$

抖晃率越小越好。普及机一般在0.6%以下，一些高级机可以做到0.1%以下。

录音机除上述主要指标外，还有带速误差、抹音效果等指标。为了保证录音机交换节目的互换性；一般带速误差要在±3%以内；抹音效果要在50dB以上。

第二节　磁带录音机工作原理

一、录音工作原理

1. 录音过程

磁性录音过程，简而言之就是声—电—磁的转换过程，图10－19是录音过程的示意图。需要录下的声音通过话筒转换

为音频电信号，经过以磁头线圈为负载的录音放大器的放大，使录音磁头的铁心产生随音频信号变化而变化的磁场。当磁带恒速通过磁头时，由于工作缝隙间的磁阻很大，而磁带磁阻很小，于是缝隙间的磁通穿越磁带这个“捷径”与磁头铁心构成回路。磁带在行进中被逐段磁化，留下随音频信号变化的剩磁，完成电—磁转换。磁带磁性层是用硬磁材料制成的，剩磁被保留下来，实现录音

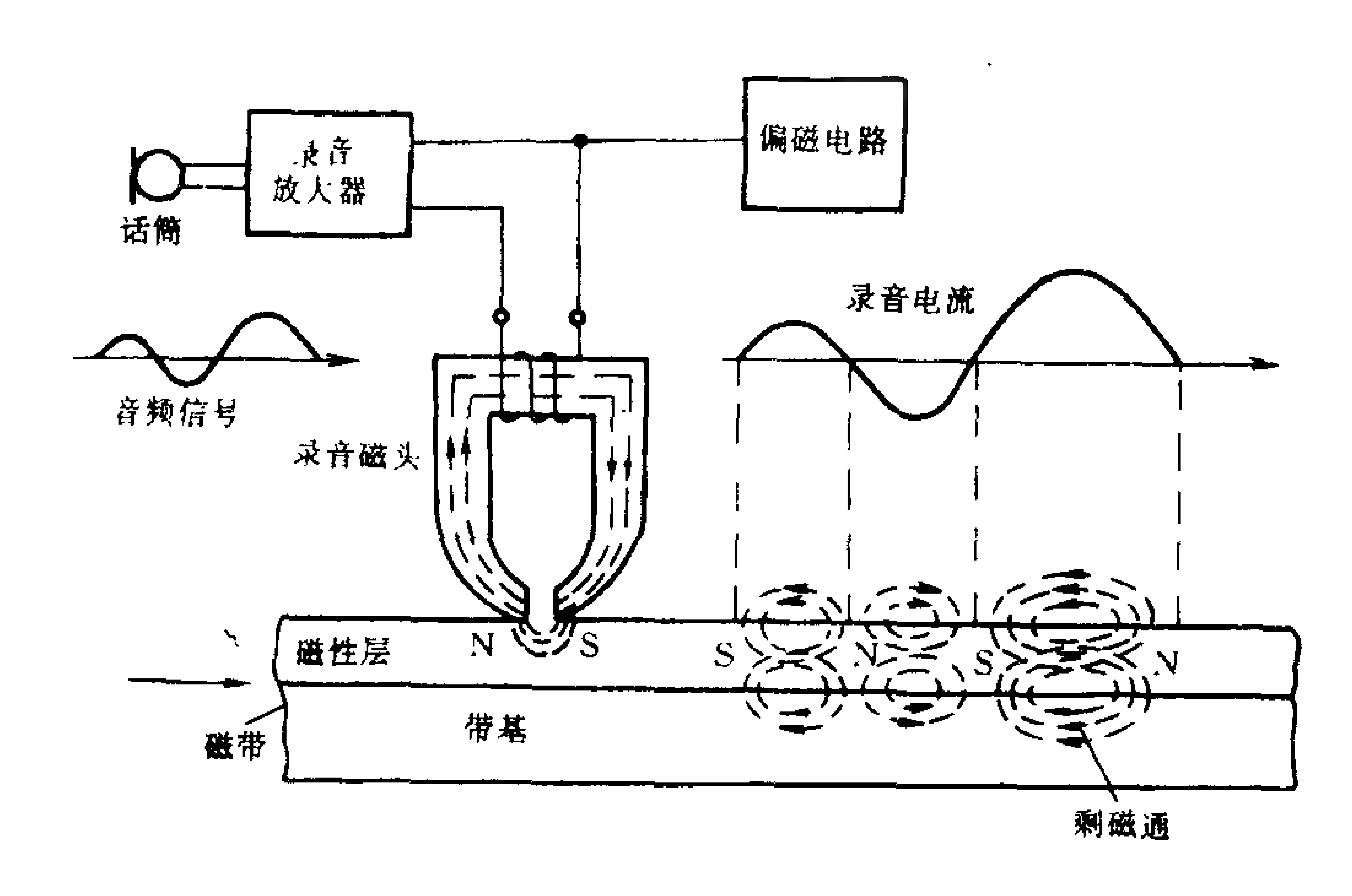


图 10－19　录音过程示意图

2. 为什么要加偏磁

与晶体管特性曲线的非线性会引起放大失真的道理相似，由于剩磁曲线的非线性，同样会引起剩磁信号的失真。图 10－20 是剩磁 B_r 与磁场强度 H 的剩磁曲线。可以看到剩磁曲线的起始区及饱和区是非线性的，只有曲线的中间一段近于线性。音频信号只有工作在线性段才能避免非线性失真，晶体管放大器为了克服非线性失真，一般需要在静态时预加基极偏置，同理，为了避免剩磁信号的失真，录音时需要在磁头线圈中加上一

定的偏磁电流。偏磁方式有直流偏磁和交流偏磁两种。

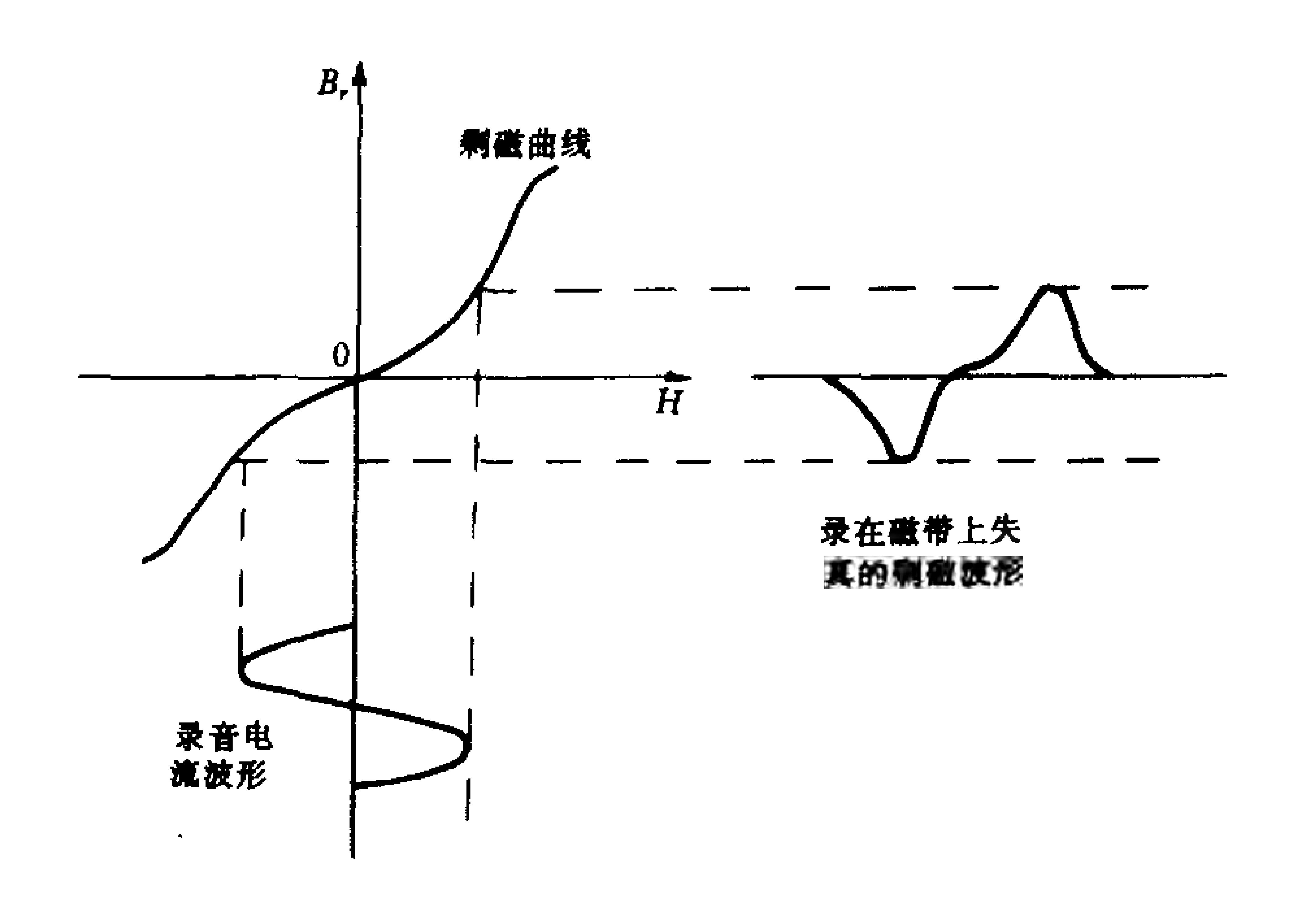


图 10－20　剩磁曲线引起的失真

3. 直流偏磁及其电路

直流偏磁是在磁头线圈输入音频电流的同时，加上一定的直流偏磁电流，使磁头产生一定的磁场强度 H_A（图 10－21），H_A 使偏磁点 A 移至剩磁曲线的线性段的中点。当录音信号输入磁头时，输入信号将以 A 点为中心上下变化，只要输入信号幅度合适，非线性失真就可以大大减小。

由于直流偏磁会使磁头产生附加的直流磁化，背景噪声较大，一般在普及机中使用。直流偏磁电路十分简单，通常用两只电阻（R_1、R_2），从直流电源引入一定电流（约 0.5mA 左右）给磁头即可（见图 10－22）。R_2 为偏流调整电阻。

4. 交流偏磁及其电路

录音时，录音磁头输入音频信号的同时，加入一定的等幅超音频偏磁电流，超音频频率一般在 50kHz～100kHz 之间（频率过低易与所录声频信号频率的高次谐波产生差频干扰；频率太高

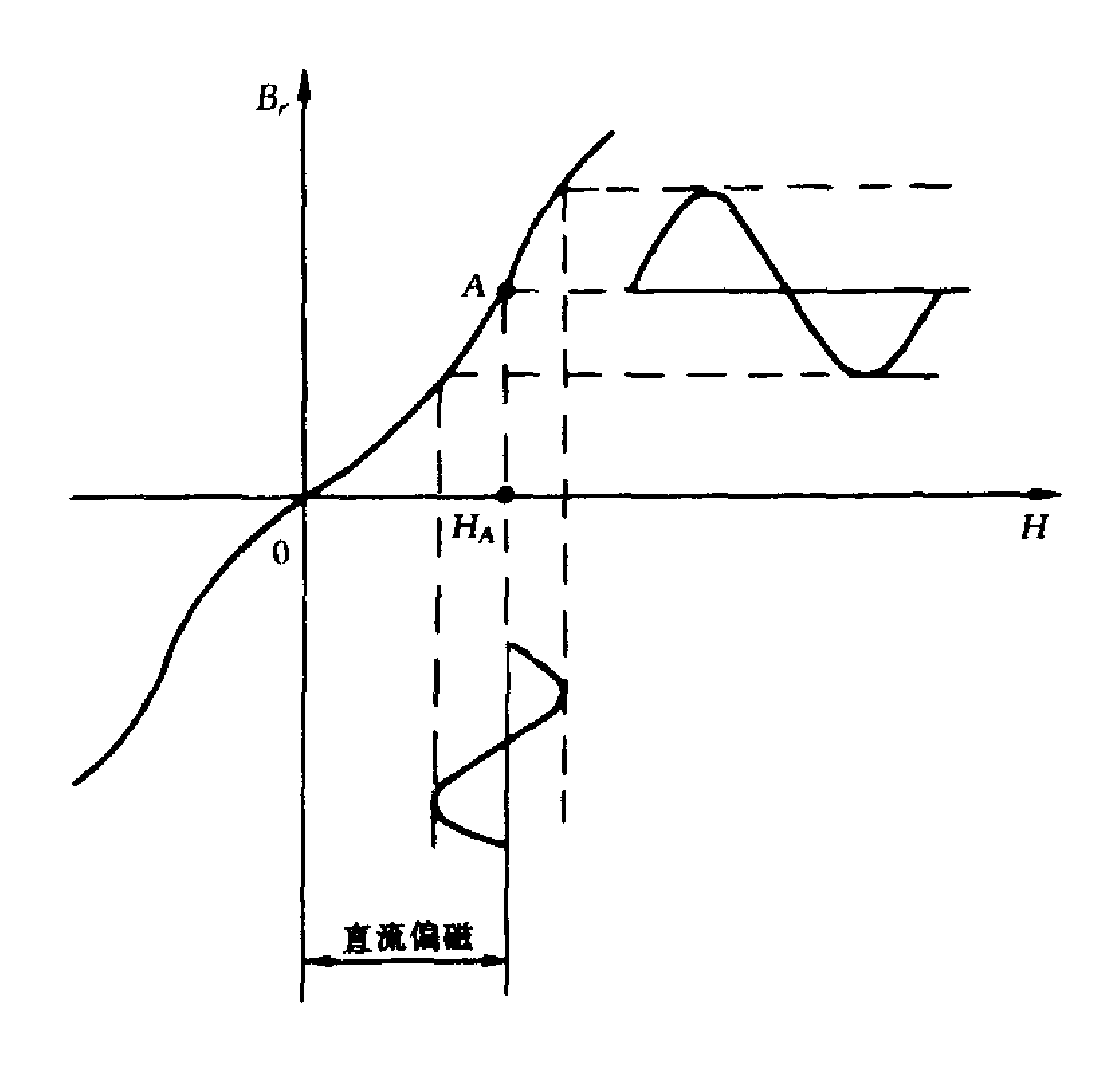


图 10－21 直流偏磁

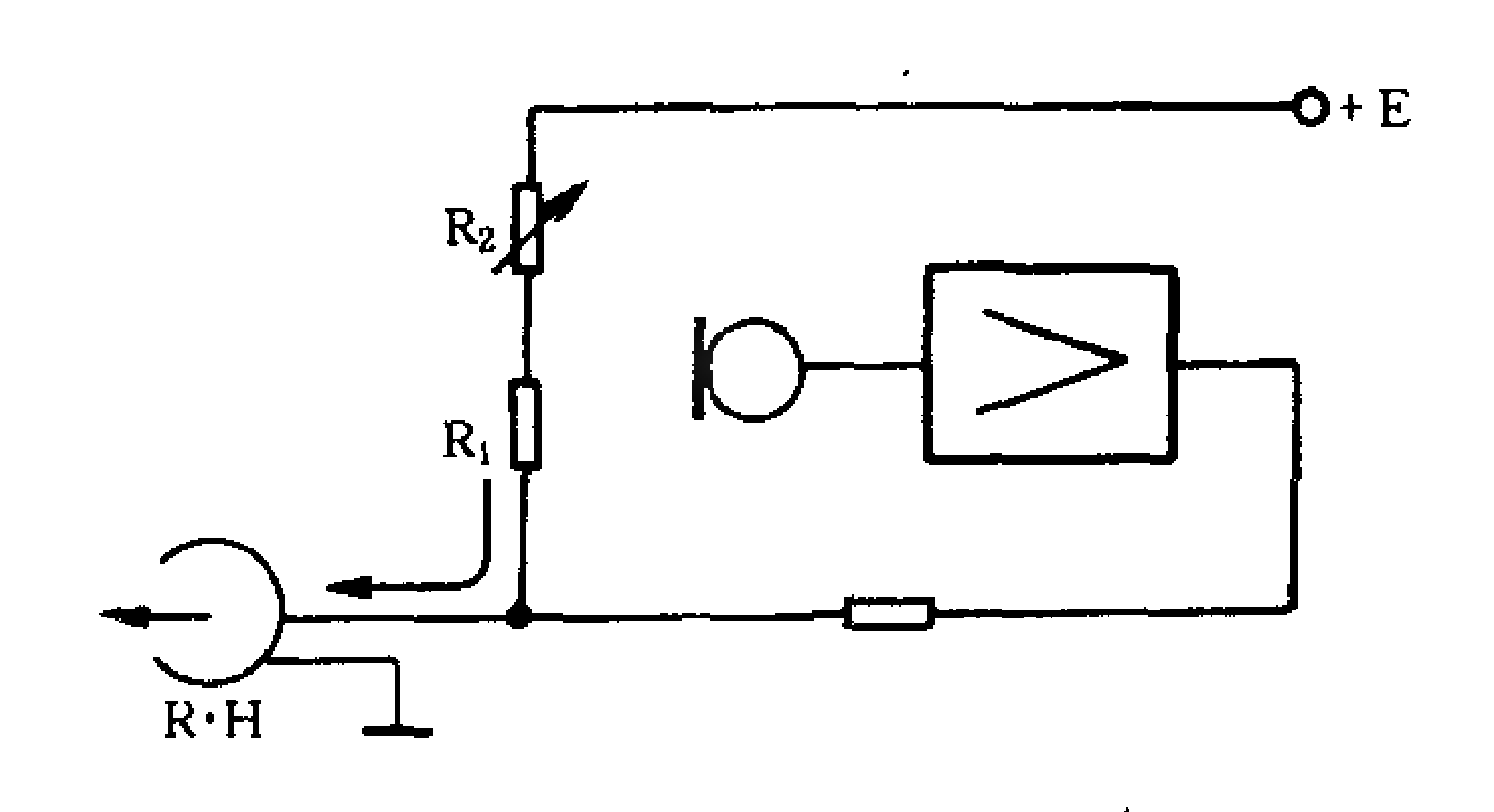


图 10－22 直流偏磁电路

又会增加磁头铁心损耗)。交流偏磁可以类比幅度调制。图 10－23 是交流偏磁工作情况。在图 10－20 中可以看到，在未加偏磁时，虽然录音信号是不失真的正弦波，但是磁带记录的剩磁信号却产生了波形畸变。当录音信号叠加了超音频电流以后，如图 10－23 所示，超音频信号随录音信号幅度的变化而变化，变化后的超音频信号的包迹与音频信号相同，而音频包迹的"位

置”被“推移”到剩磁曲线的线性段，合成的剩磁信号避免了由剩磁曲线的非线性引起的失真。当然偏磁大小要选择合适。偏磁太小，不足以把音频信号“推向”剩磁曲线的线性区；偏磁太大，又可能使剩磁信号进入饱和区。一般应使磁头获得最佳偏磁，以兼顾失真度、频响和信噪比。偏磁大点，失真和噪声小一些，但由于超音频的微弱去磁作用会使高音频输出减小，频响变差；偏磁小些，失真和噪声增大，但高频响应会得到改善。

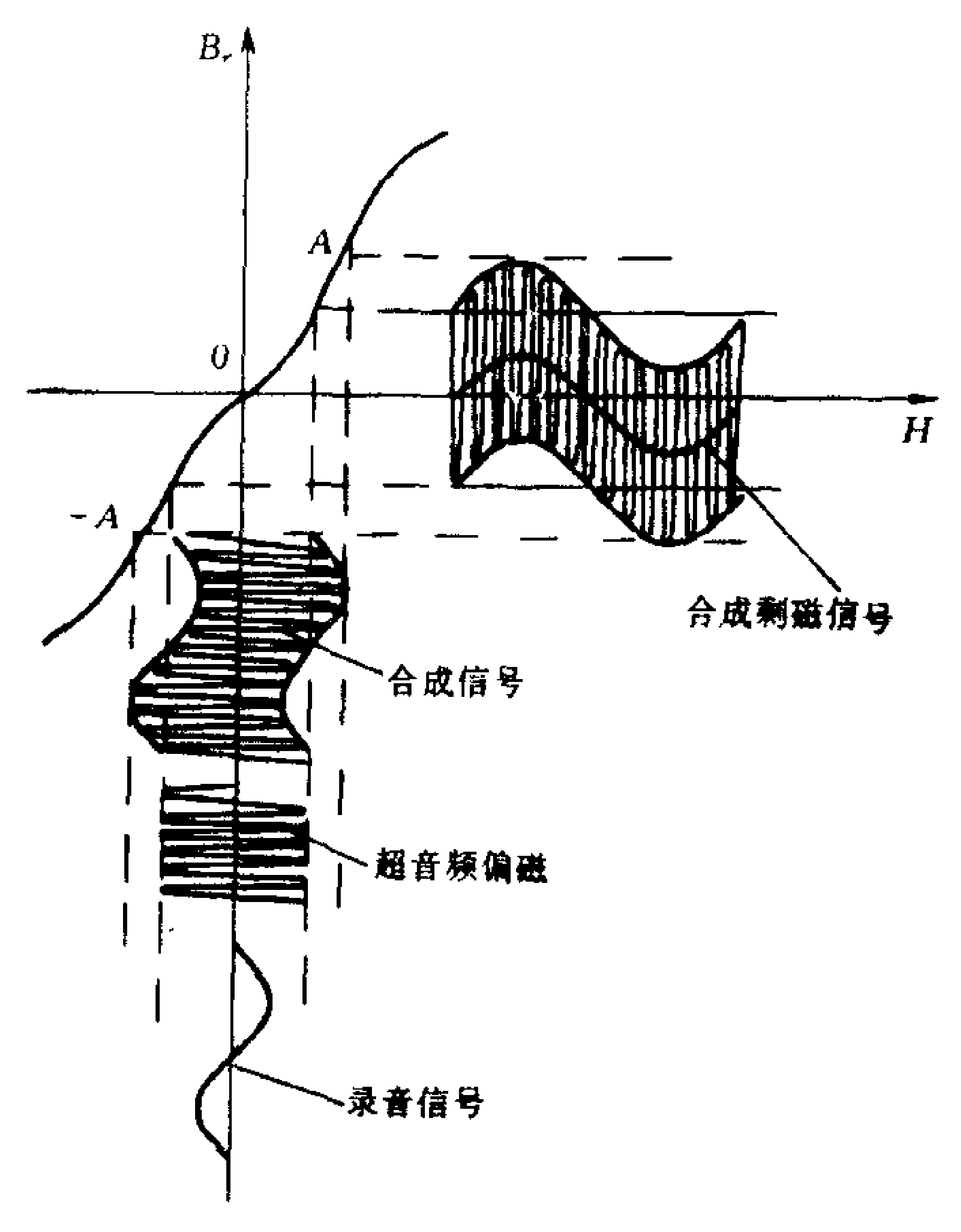


图 10－23　交流偏磁

交流偏磁可以获得较高的录音灵敏度和较小的失真度，同时，磁带上不会留有直流剩磁，噪声也小。不过交流偏磁需要有专门的偏磁供给电路，比直流偏磁电路要复杂一些。

交流偏磁电路根据所需的偏磁功率不同，有单管超音频偏

磁产生电路和双管推挽超音频偏磁产生电路之分。偏磁产生电路实际就是一个超音频振荡器。

(1) 单管超音频振荡器。电路如图 10 - 24 所示。图中，T 为超音频振荡变压器，T 的初级线圈通过电源交流接“地”，与 VT 等元件组成三点电感式反馈振荡电路；T 的次级线圈与 C_3 构成并联谐振回路，谐振在超音频振荡频率上。振荡电压通过变压器 T 的互感，把超音频信号输送给磁头线圈，调节 R_3 可以改变偏磁电压的大小，R_1 在电路中是晶体管 VT 的基极偏置电阻。R_2 为 VT 发射极负反馈电阻，它一方面可以稳定振荡器的直流工作点，另一方面 R_2 的交流负反馈作用还可以改善振荡波形的失真度。

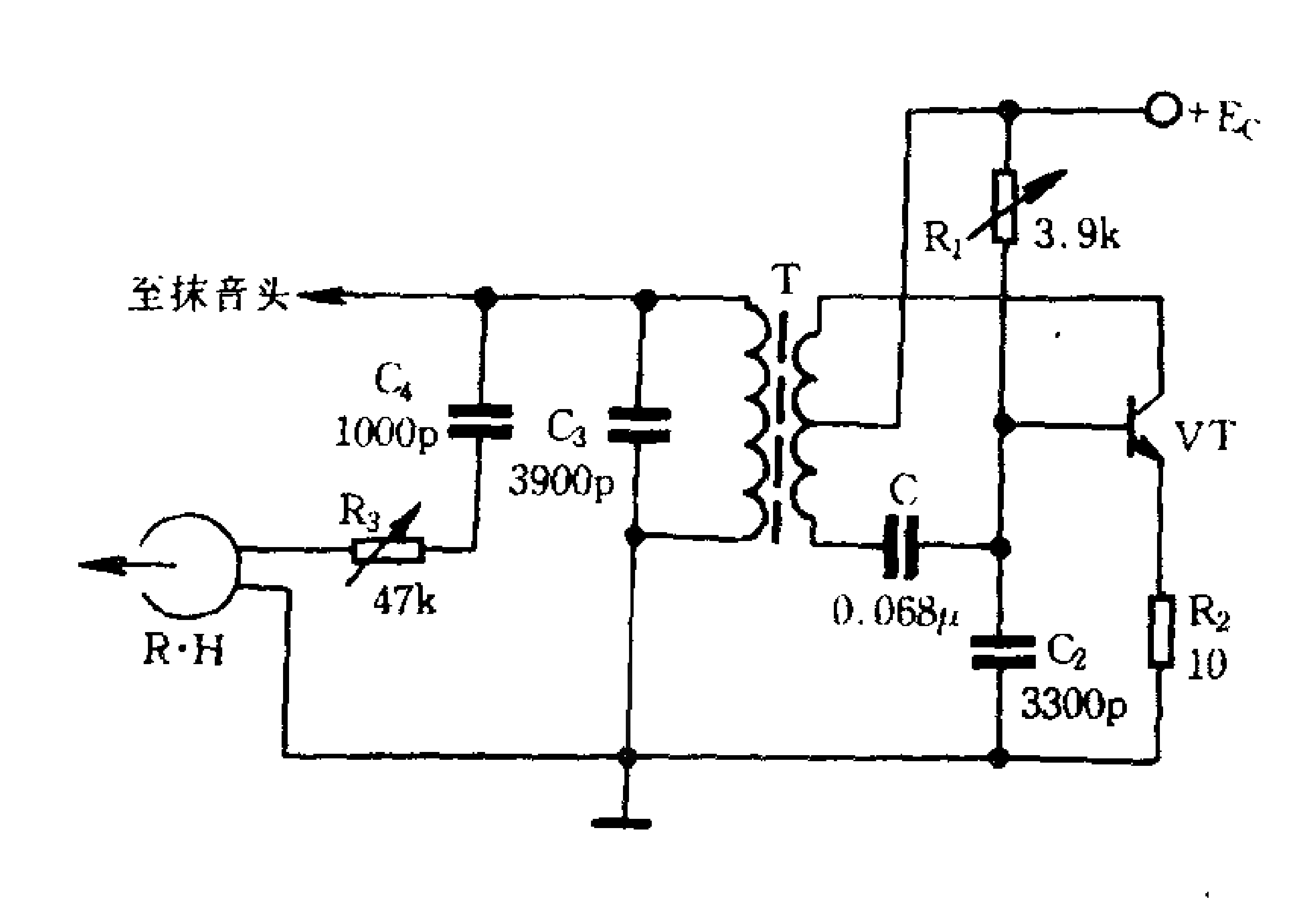


图 10 - 24　单管超音频振荡器

(2) 双管推挽超音频振荡电路。图 10 - 25 是典型的推挽超音频振荡电路图。图中，T 为超音频振荡变压器，初级线圈具有中心抽头、VT_1、VT_2 及相关元件组成推挽式振荡电路，C_1、C_2 为正反馈电容，VT_1 的集电极输出信号通过 C_1 反馈到 VT_2 的基极，VT_2 的集电极输出信号通过 C_2 反馈到 VT_1 的基极，形成振荡。R_3R_4 的作用分别与单管电路中的 R_2、R_3 相同。R_1、R_2 为

VT_1、VT_2 的直流偏置电阻。振荡频率主要决定于 T 的次级电感、抹音头电感和 C_6 的谐振频率。这种电路有偏磁功率大、失真小、效率高等优点，多用于高级录音机及立体声录音机中。图中，C_4、C_5 起稳定作用。

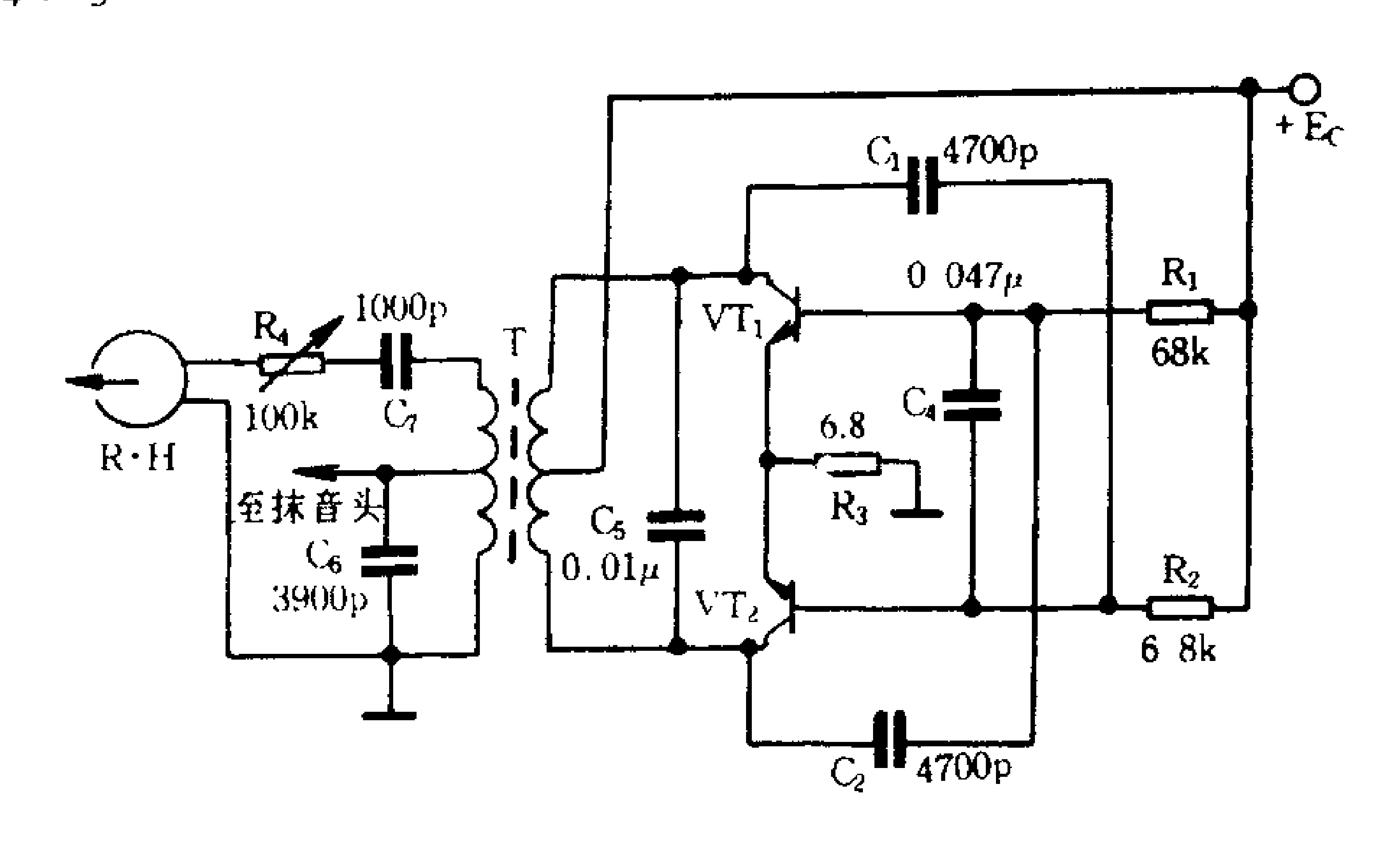


图 10－25　双管超音频振荡电路

超音频振荡器，除了提供录音头所需要的偏磁电流外，一般还要为抹音头提供抹音电流。这在图 10－24 及图 10－25 中已经示出。下面将介绍抹音工作原理。

二、抹音工作原理

已录音的磁带在重新录音以前，必须经过抹音过程将原有的剩磁信号消去。录音机中的抹音磁头和抹音电路就是起消磁作用的。抹音方式也有直流抹音和交流抹音之分。

1. 直流抹音

直流抹音是在抹音磁头线圈中通过较大的直流电流（4～10mA），使磁头工作缝隙获得强的恒定磁场。磁带在通过抹音头时，磁带被磁化到饱和程度，留下饱和剩磁，磁带原有的剩磁被饱和剩磁所“掩盖”而“消”去。这就好象在写满字的黑板上涂

上一层黑，而把原有的字抹去一样。用磁钢抹音磁头的道理也与上述相同。直流抹音，磁带留有强直流剩磁，使录音后的放音信号失真增大、噪声也成倍增加。其优点是抹音电路简单，没有差频干扰，在普及机中应用较多。直流抹音电路见图10－26。

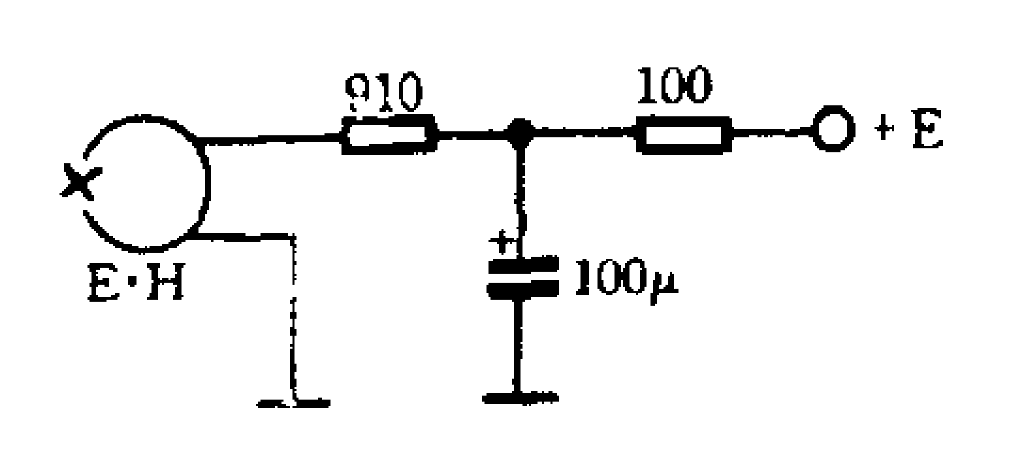


图10－26　直流抹音电路

2．交流抹音

交流抹音是在抹音头线圈中通过一定强度的超音频电流，使磁头工作缝隙中产生强的超音频磁场，磁带通过抹音头时，受到交变磁场由弱到强、由强到弱的反复交变磁化；同时，磁带的某一点逐渐接近抹音头和逐渐离开抹音头中所受到的磁场作用也经过了由弱到强、由强到弱的过程。也就是说，磁带通过抹音头时，先由弱到强地磁化到饱和程度，而后又从饱和程度逐渐减弱至零，从而使原有的录音剩磁一起被消去（见图10－27）。采用交流抹音的优点是磁带上的剩磁通为零，没有剩磁，因此噪声小，失真也小。

交流抹音电路也需要超音频电路，一般与偏磁电路共用一组超音频振荡器，而且抹音磁场要比录音磁场强得多，要求振荡器的功率也大。抹音头与振荡器的连接见图10－28。

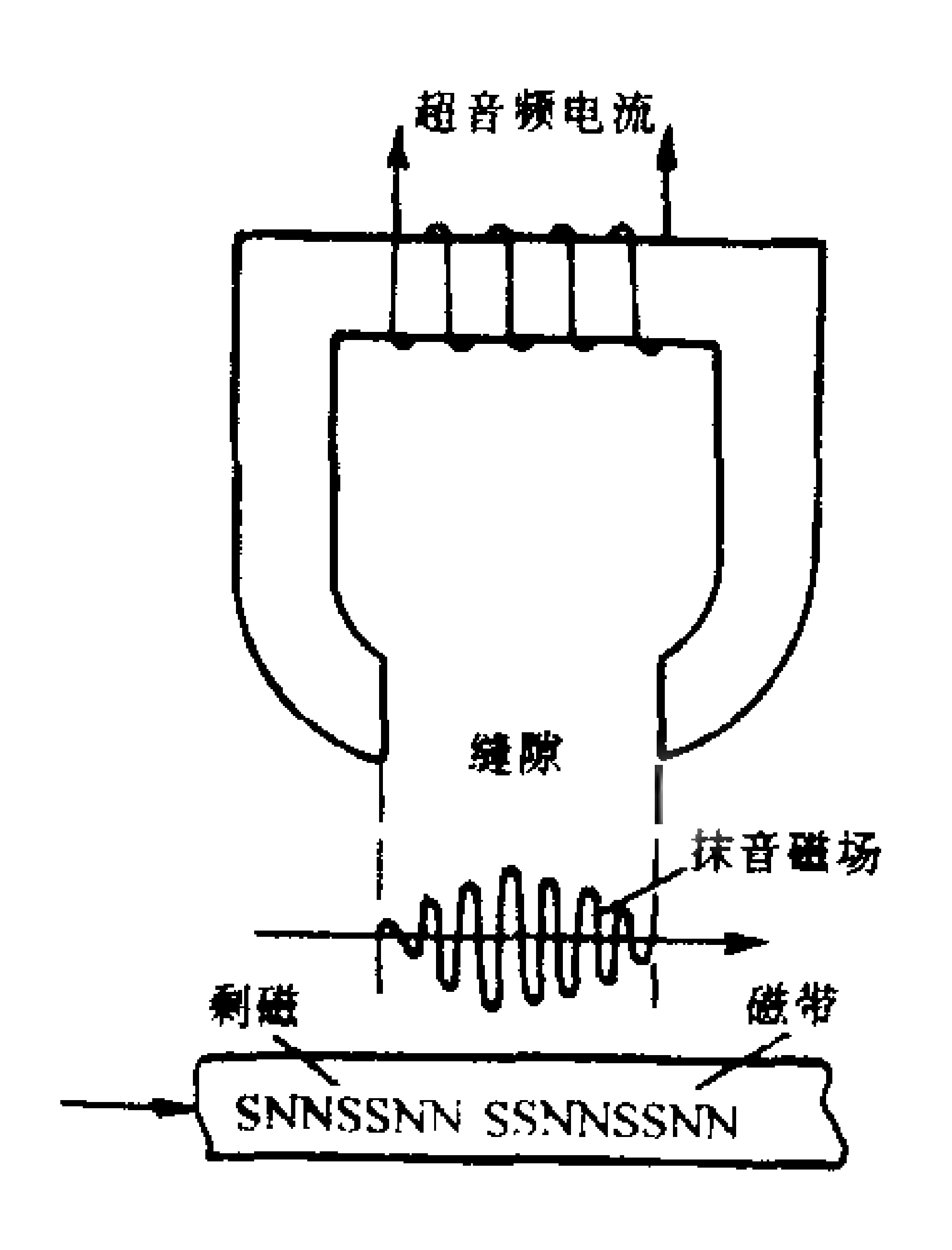


图10－27　交流抹音

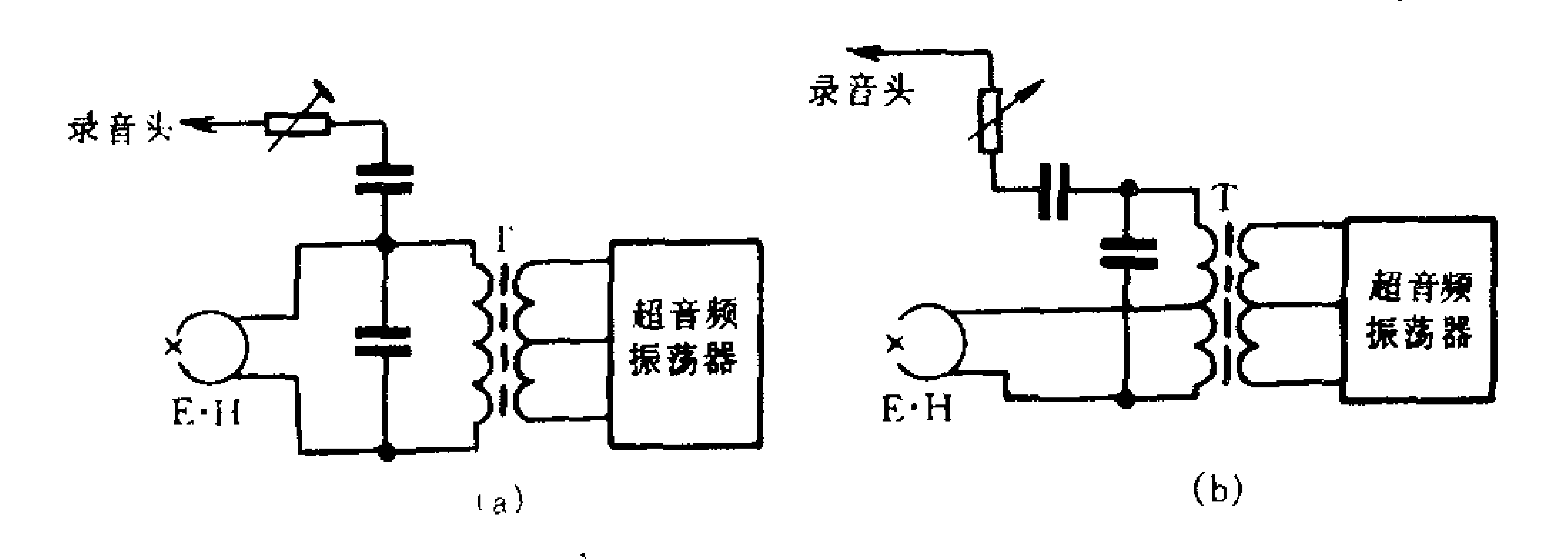


图 10-28　交流抹音电路

三、放音工作原理

放音是录音的反过程，是磁—电—声的转换过程。放音时，录有音频剩磁信号的磁带，以录音时相同的带速通过放音磁头，磁带上的音频剩磁通以高导磁率的磁头铁心为闭合通路，使磁头线圈感应出与声频剩磁通变化规律相同的电动势。这个微弱的电动势送给放音放大器，放大到足够的幅度去推动扬声器放音。图 10-29 是放音过程示意图。

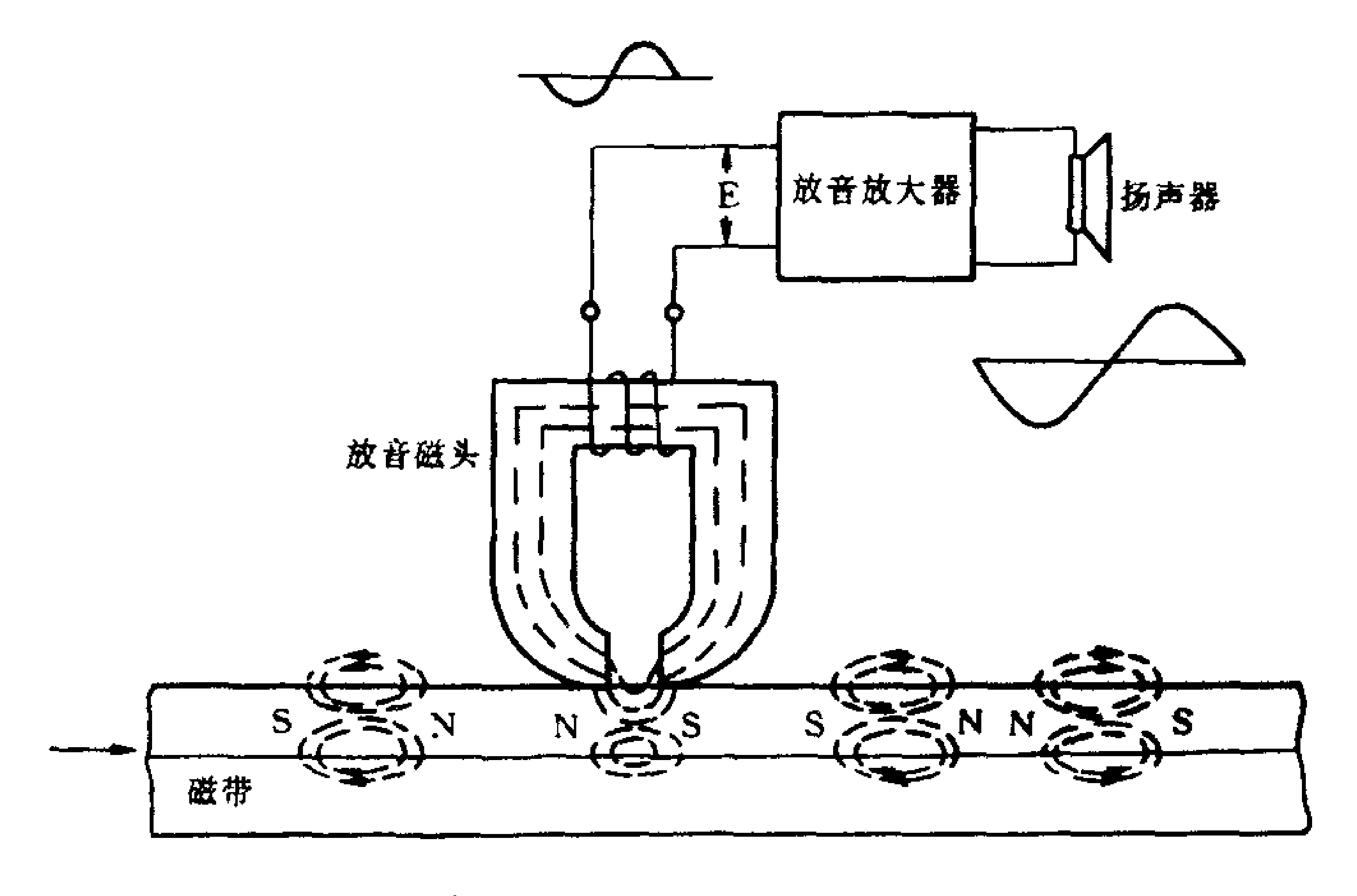


图 10-29　放音工作原理

四、录音、放音过程中的频率损失和补偿

录音机在录音和放音时，具有多种与频率有关的损失。主要有以下几种：

铁心涡流损耗　录音头在通以信号电流和超音频电流时，不可避免地会产生涡流损耗。频率越高，损耗越大。

工作缝隙损耗　当录音信号频率较高，磁带的录音波长短到小于磁头工作缝隙的宽度时，磁带的部分剩磁通不能与磁头铁心构成通路，造成重放时频率失真。频率越高，缝隙损失越大。

磁头磁带的间隙损失　磁头磁带接触不紧密而有一定间隙时，录音磁场不能全部传输给磁带；放音时，磁带的剩磁通不能全部与磁头铁心构成回路，感应电动势减小。频率越高，这种损失越大。

磁头磁带的方位损失　磁头与磁带相对运动中偏离理想的方位角(90°)时，工作缝隙与磁带磁迹不能保持垂直，磁头缝隙产生的录音磁通或磁头缝隙“检拾”的放音剩磁通会出现相位差而部分抵消。频率越高，方位损失越大。

此外，磁带磁性层表面与深部磁化程度不同、相位不一致引起的带厚损失，磁带本身的自退磁损失等，也都随频率的升高而增大。上述种种高频损失会使放音频率特性曲线高频段严重下跌(图 10－30)。

从曲线还可以看到，低频段的斜率很大，放音头输出随频率升高而成正比增大，相对来说低频有较大损失。这是由于磁头线圈的感应电动势随频率升高而增大的缘故。因此，在录音和放音时要采取补偿措施。通常在放音时主要补偿低频，录音时主要补偿高频。因为放音时低频输出小，中频输出大，低频要有

较大的补偿量；对放音高频的下跌，虽然可以给以较大的补偿量，但磁带的背景噪声也会随之“提升”。为了提高放音信噪比，放音的高频补偿要适可而止，而高频的补偿在录音时预先加重提升，以保证在放音频响平直的前提下，降低噪声。图 10－31 是补偿效果的示意图。

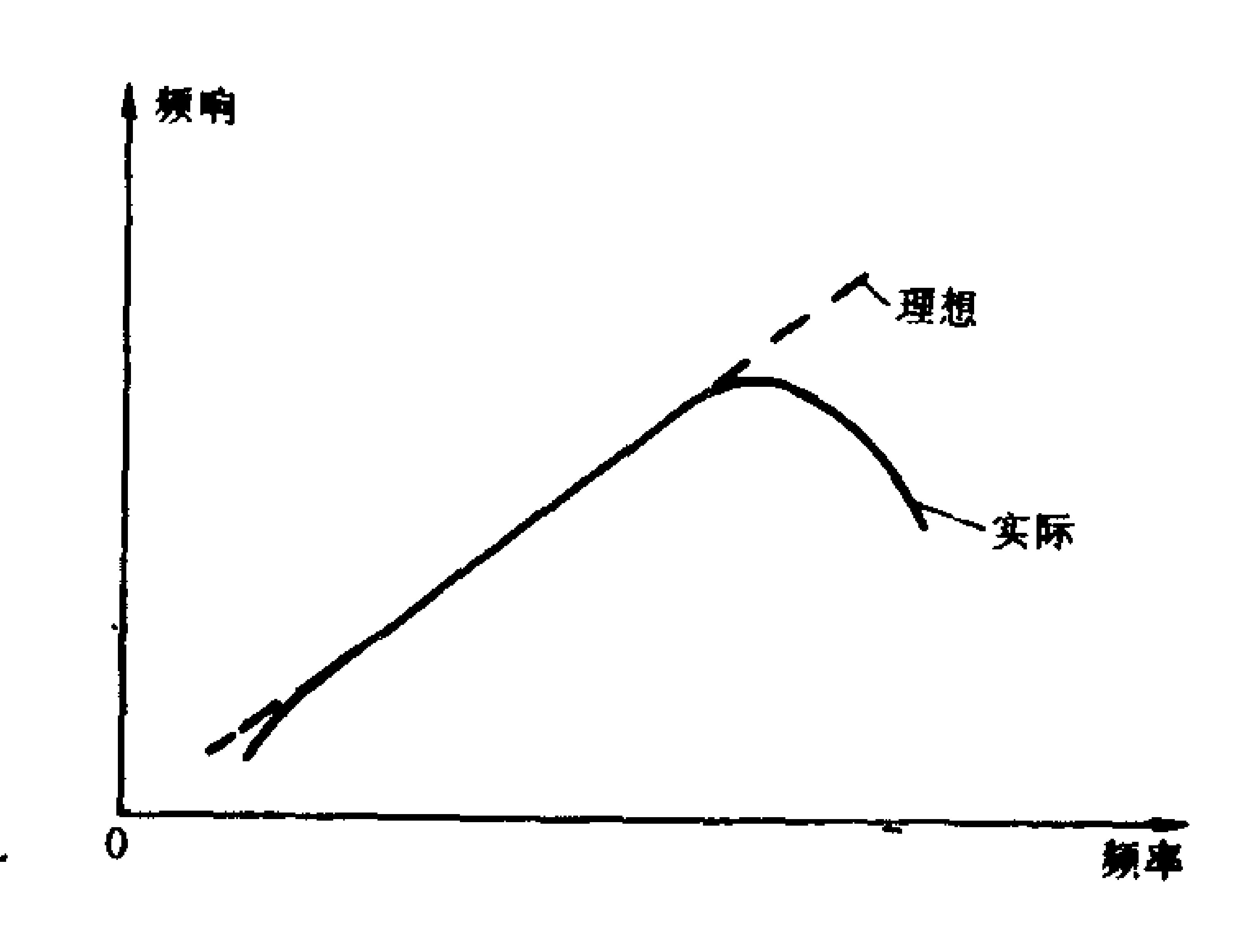


图 10－30　放音频率特性曲线

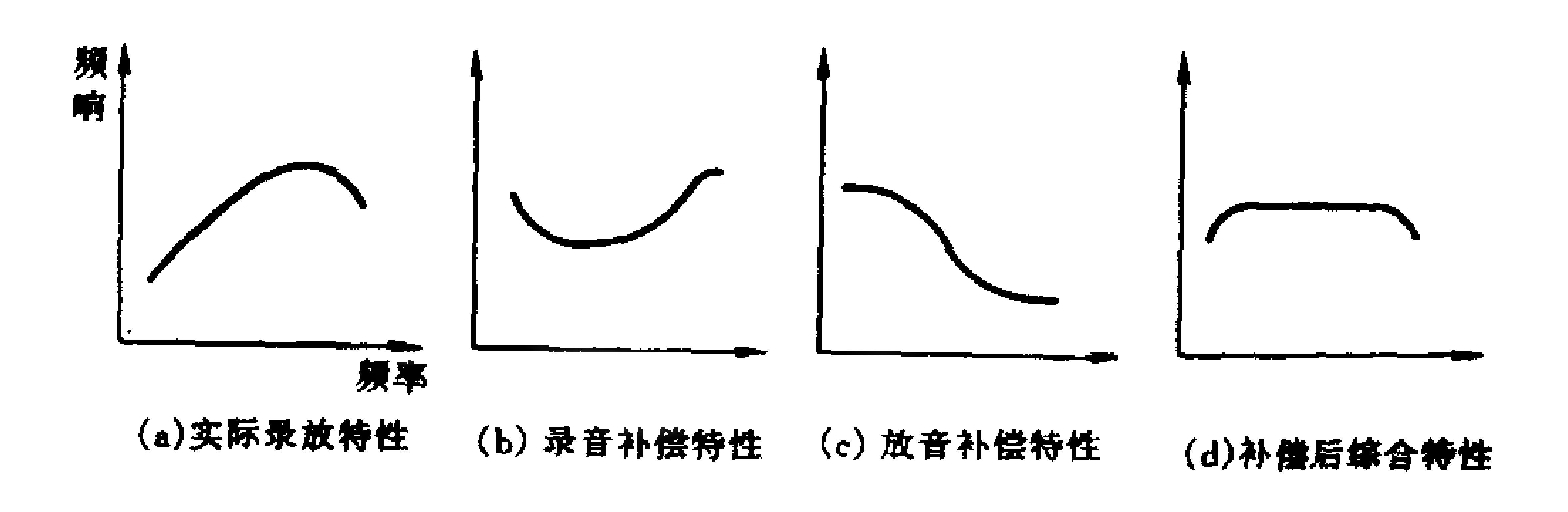


图 10－31　录放音补偿效果示意图

为了使各种牌号磁带具有放音互换性，国际规定有标准放音补偿曲线，图 10－32 是盒式录音机标准放音补偿曲线。其中，τ 与转折频率(开始补偿的频率)的时间常数。τ 与转折频率 f 的关系式如下

$$f = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{159}{\tau}$$

式中 τ 的单位是 μs、f 为 kHz。$\tau = 120\mu s$($f = 1.325$kHz)的曲线是用于普通带的标准放音补偿曲线;$\tau = 70\mu s$($f = 2.27$kHz)的曲线是用于铬带的标准放音补偿曲线。两种磁带的低频补偿量及转折频率基本相同($\tau = 3180\mu s$、$f = 50$Hz)。标准放音补偿曲线实际可以看作是低频提升曲线。各种录音机的设计均以此作为放音补偿依据。各种磁带一般也都注明 τ 这个参数,以供使用中选择不同的频率补偿网络。

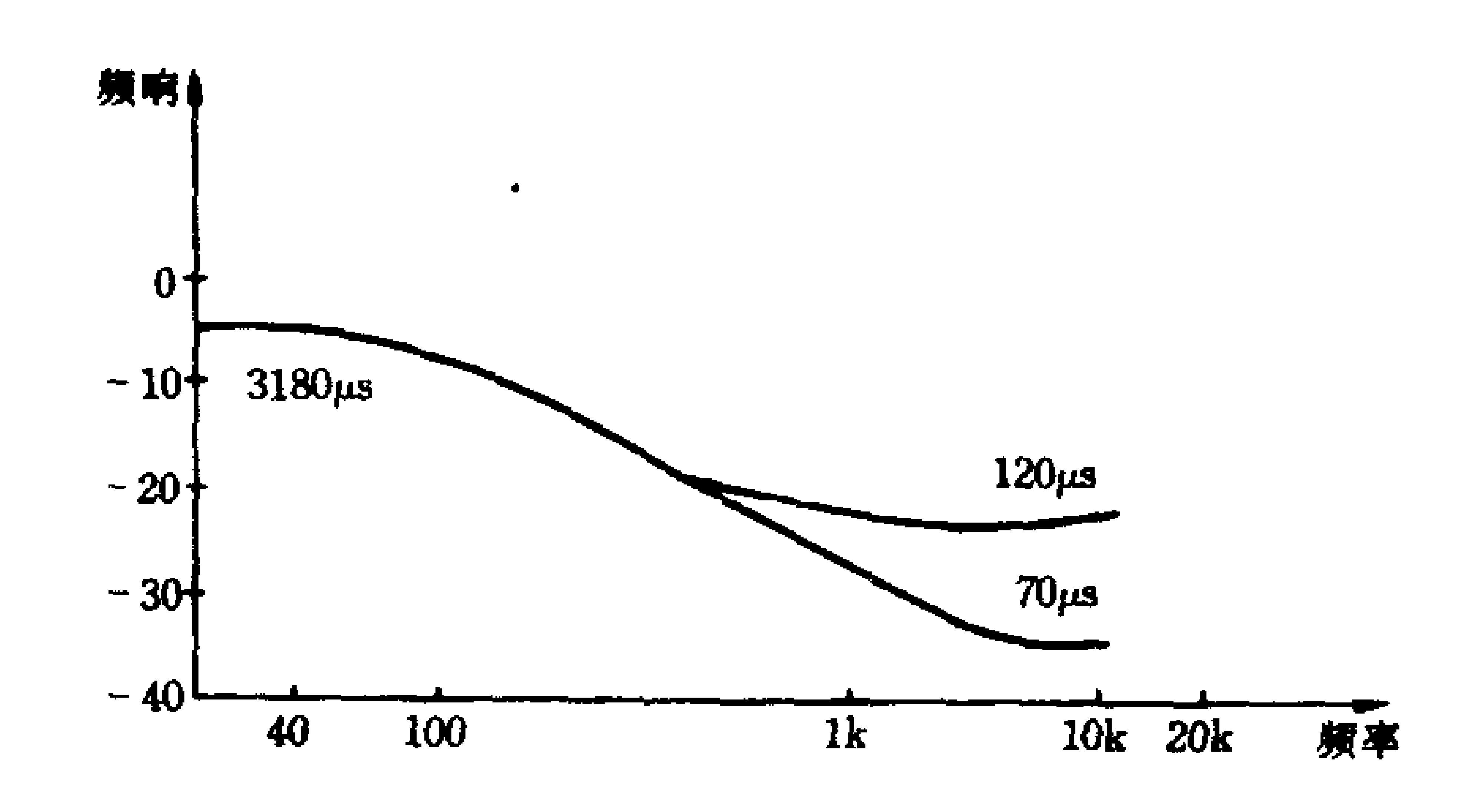


图 10-32　盒式机标准放音补偿曲线

录音机的频率补偿是通过 RC、RL、LC 等串联、并联或串并联网络实现的。带有频率补偿网络的录、放音放大器称为频率均衡放大器。通常应用最多的是 RC 补偿网络。录放音补偿方式主要有 RC 负反馈式、LC 谐振式及电阻上并联电容等方式。

五、录音、放音频率均衡放大器

具有独立录音放大器和放音放大器的录音机、录音和放音可得到最佳的补偿效果,但要有专用的放音磁头和录音磁头,电路也较为复杂,一般用于高级录音座和专业录音机上。而应用

广泛的双磁头录音机，大都录音、放音合用一个放大器，补偿网络及相关电路通过录放转换开关切换。图 10－33 是这种放大器的典型电路。频率均衡放大器通常是录、放音的前置放大器，录、放音频率补偿主要在这一级完成。电路由 VT_1、VT_2 组成直接耦合放大器，它具有低频响应好，工作点稳定，电路简单等优点。RC 补偿网络接在 VT_2 集电极和 VT_1 发射极之间，以负反馈形式进行补偿。RC 网络可有图 10－34 所示的三种形式。RC 串联和 RC 并联的时间常数 τ 都由 RC 乘积决定，转折频率 $f=\frac{159}{RC}$。一般 τ 值都有给定的标准，已知 R、C 中的任一量便可求出另一量。对于 RC 串并联网络则有两个转折频率，即 $f_1=\frac{159}{R_1C}$、$f_2=\frac{159}{R_2C}$。

1. 放音补偿

在图 10－33 的电路中，由 R_7、C_6 及 R_8 组成一个时间常数

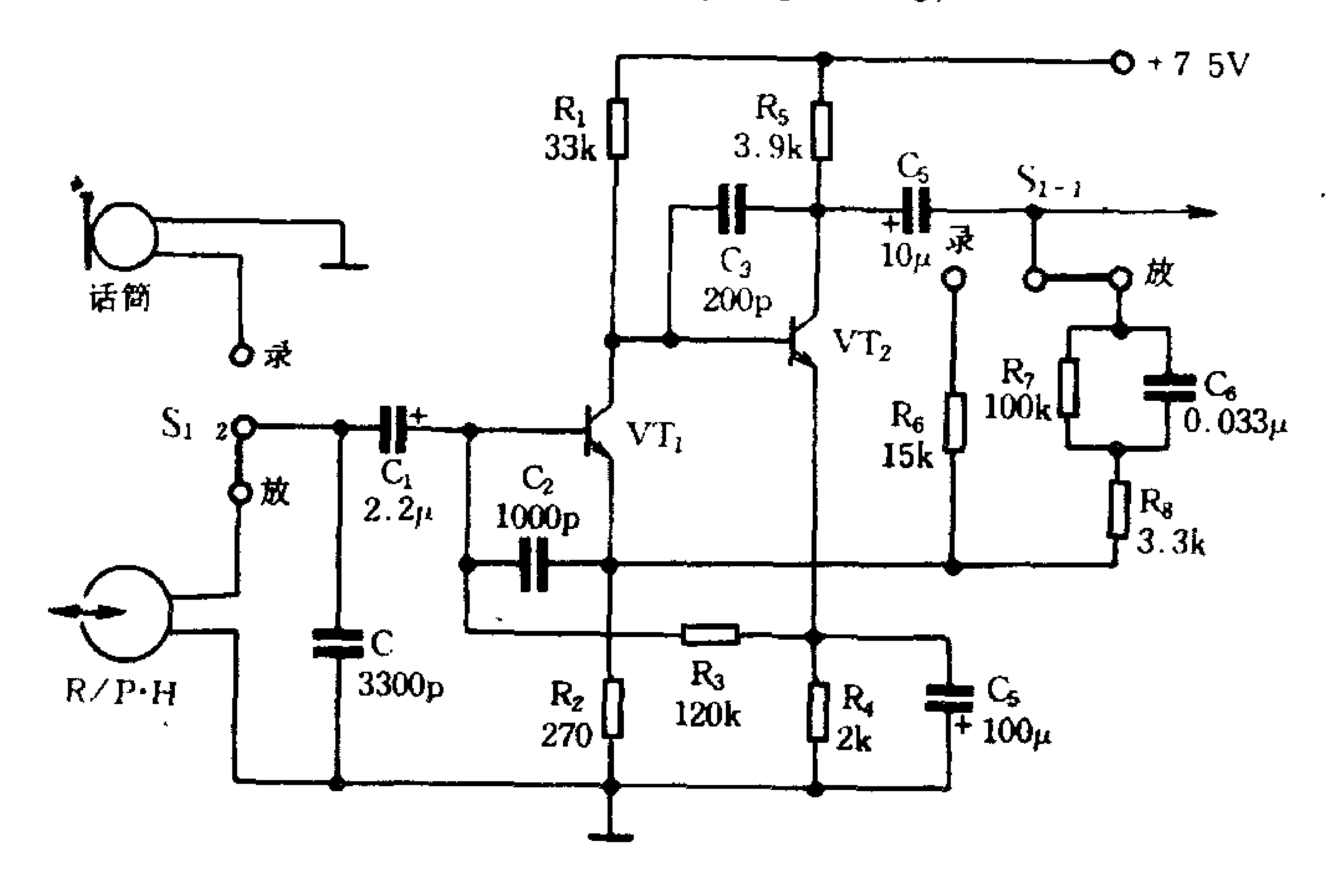


图 10－33　频率均衡放大器

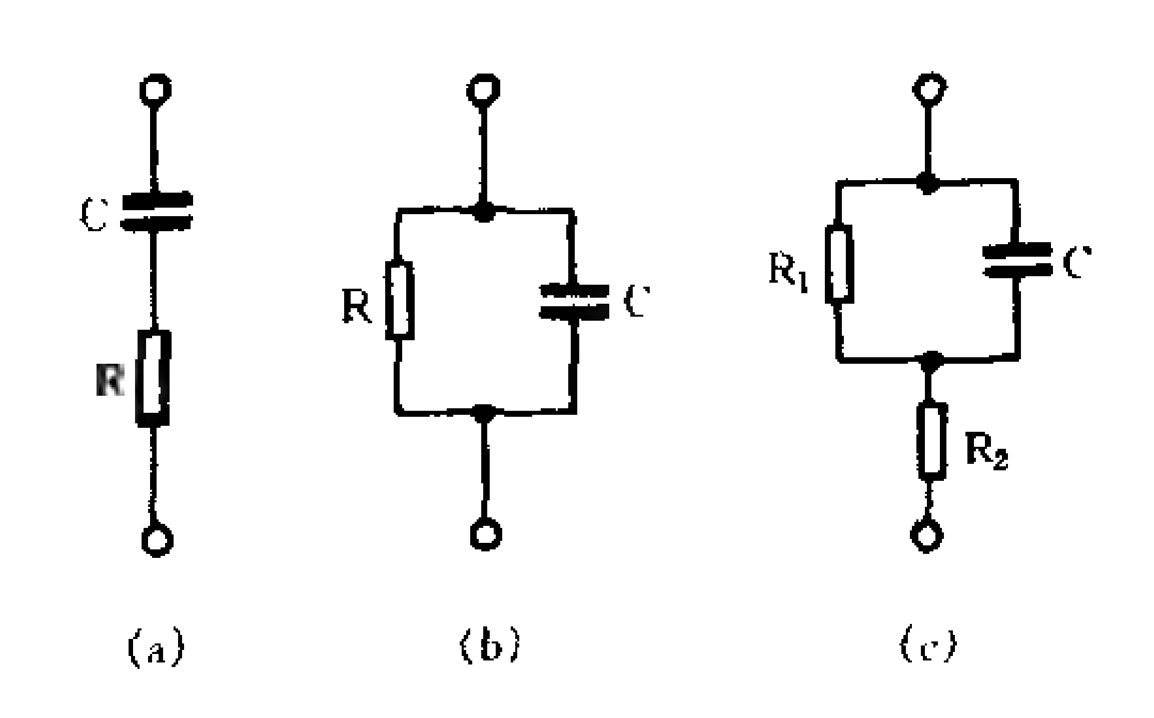


图 10－34　RC 补偿网络

为 120μs(R_8C_6)和 3180μs(R_7C_6)的双转折频率均衡网络，对低、中频进行补偿。在中高频段 C_6 的容抗很小，R_7 的作用可以忽略，R_8C_6 串联网络起主要作用。在频率很低时，C_6 容抗增大与 R_7 并联起作用，而 R_8 值较小可以忽略。RC 补偿网络是以负反馈形式接入电路的，电容 C_6 的容抗随频率的变化而变化，当频率升高时，C_6 的容抗减小，C_6 与 R_8 的串联阻抗减小，负反馈量增大，放大器增益减小，相对低频提升。提升点则由 R_8C_6 的时间常数限定。在低频低到 50Hz 以下时，C_6 的容抗很大，R_7C_6 的并联阻抗近似等于 R_7，负反馈量相对减小，输出增大，50Hz 以下的低频相对提升；提升点则由 R_7C_6 限定。这里要提到一点，在有些普及型录音机中，低频补偿网络的 τ 不取标准的 3180μs，而是比它小得多。这是因为普及机频响较窄，过份提升低音会引起许多低频噪声。

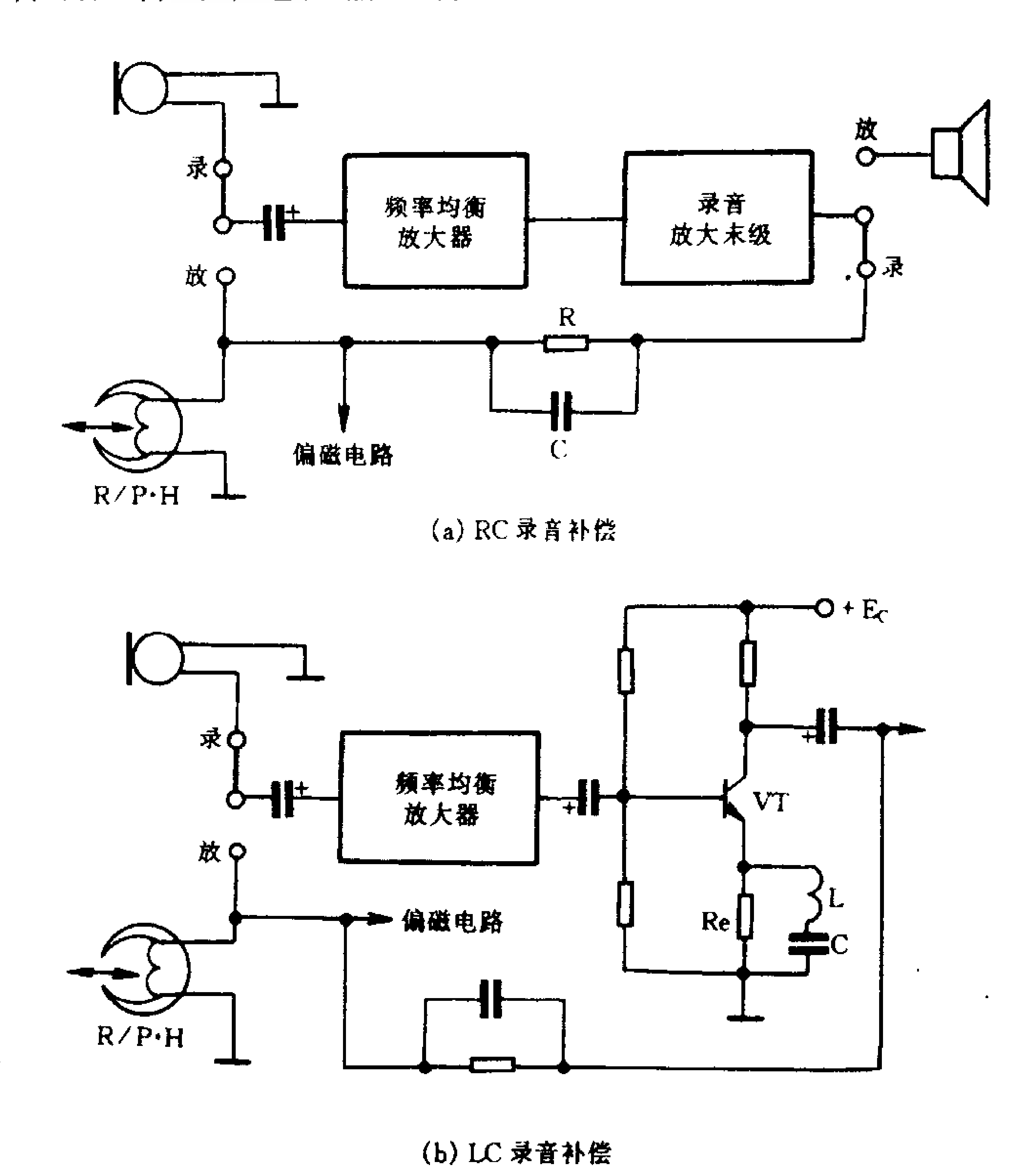
放音的高频是由磁头线圈与小电容 C 构成的并联谐振回路来补偿。提升频率决定于谐振回路的谐振频率。

C_3 用于抑制 15kHz 以上的高频噪声。VT_1 基极、射极间的电容 C_2 用以防止放大器可能产生的自激。

2．录音补偿

一般录音机主要在录音恒流电路用 RC 网络进行补偿。较高档录音机，通常具有独立的录音放大器，往往在采用恒流电路

补偿的同时，还在输出级的发射极电路接入 LC 串联谐振网络进行负反馈式高频提升。图 10－35 是这两种补偿方式的示意图。图(a)中录音电流取自功放输出级，图(b)中录音电流取自录音放大管的集电极输出端。



(a) RC 录音补偿

(b) LC 录音补偿

图 10－35　录音补偿电路

所谓恒流录音，就是当录音信号频率变化时，录音电流要保持基本不变。实际上因为录音磁头线圈为感性元件，录音信号频率升高时，线圈阻抗增大，录音电流减小；频率降低时，线圈阻

抗减小，录音电流增大。为了保持录音电流的恒定，一般在录音放大器的输出端与录音磁头之间串接一支远大于磁头线圈阻抗的电阻，使磁头阻抗对录音电流的影响减至最小。图(a)中的 R 就是恒流电阻，它对录音信号的低、中频段电流具有恒定作用。恒流电路补偿，就是在恒流电阻 R 上并联电容 C，低、中频时，C 的容抗很大，几乎不起作用；高频时，C 的容抗减小，它与 R 的并联阻抗降低，录音电流增大，相对于低、中频，高频得到了提升。高频补偿的转折频率取决于 RC 的时间常数。

图(b)电路中，VT 发射极电路接 LC 谐振网络。在谐振频率附近，射极负反馈变得很小，VT 的增益增大；低、中频时，偏离 LC 的谐振频率很多，LC 回路阻抗变得很大、射极电阻 R_e 对低、中频负反馈随之增大，使放大器增益下降，相对提升了高频。

另外，录音时，图 10－33 所示频率均衡放大器中的负反馈网络通过开关 S_{1-1} 转换到 R_6，加深负反馈，以提高信噪比。有的电路还在 R_6 上串联电容，以加大中频负反馈量，相对提升一些低频。

图 10－36 是另一种常用的频率均衡放大器电路。它比图

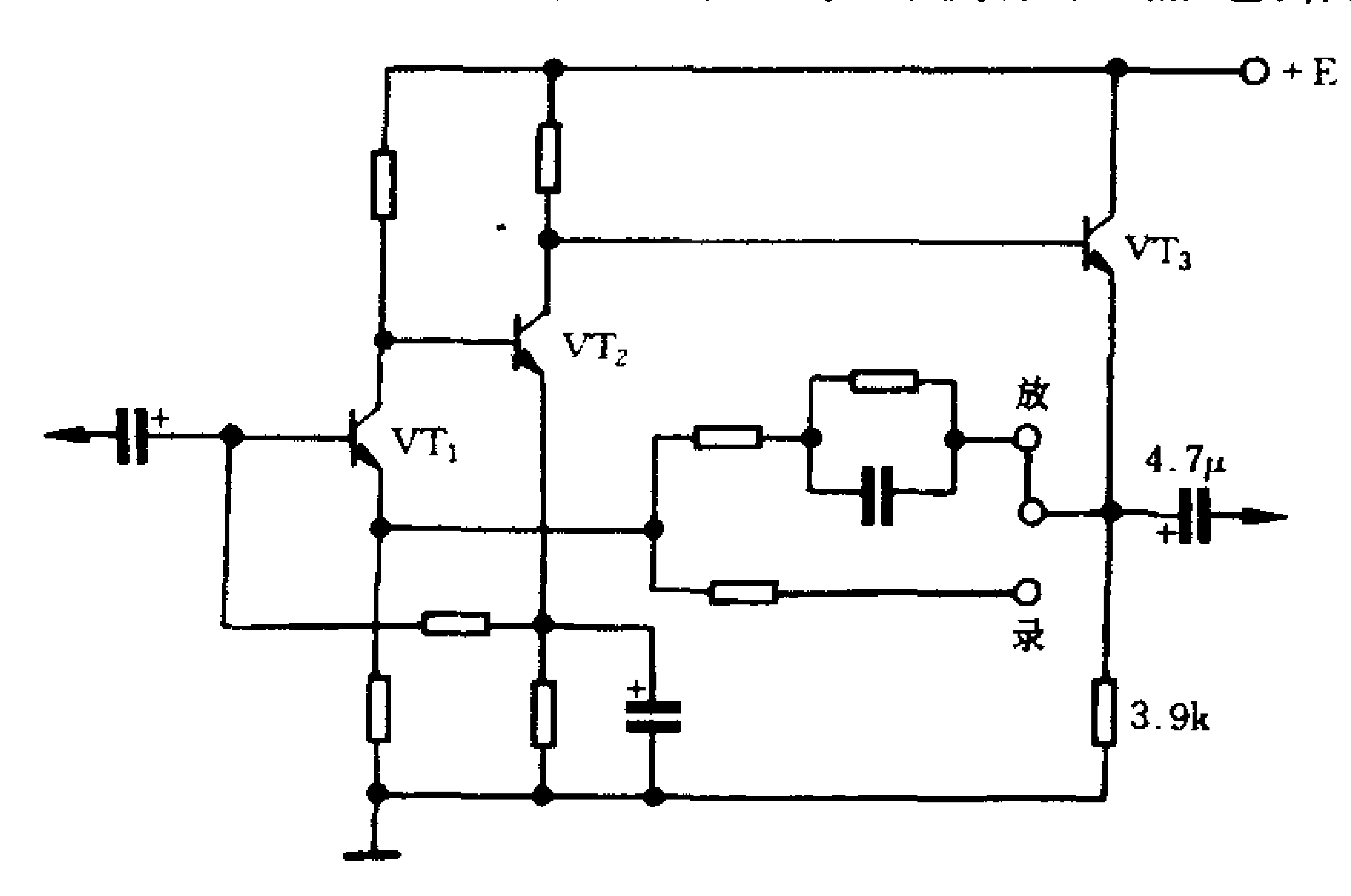


图 10－36 另一种频率均衡放大器

10－33 的电路增加了一级射极输出器。图中，VT_3 主要使均衡放大器与后级隔离，避免后级对均衡级的影响。射随器相当于一个低阻抗的信号源，对后级来说，还有抑制噪声的作用。频率补偿网络接在 VT_1 与 VT_3 的射极之间，以构成负反馈。

第三节　磁带录音机的电路结构

一、单声道盒式录音机

单声道盒式录音机的组成方框图如图 10－37 所示，由输入电路、录放音频率均衡放大器、功率放大器（包括电压放大及音调网络）、偏磁电路、恒流电路、电源供给电路及自动录音电平控制电路、电平指示电路等部分组成。其中的偏磁电路，频率均衡电路及恒流电路在第二节已分别介绍过。录音电平自动控制电路及电平指示电路将在第四节介绍。下面介绍其余电路。

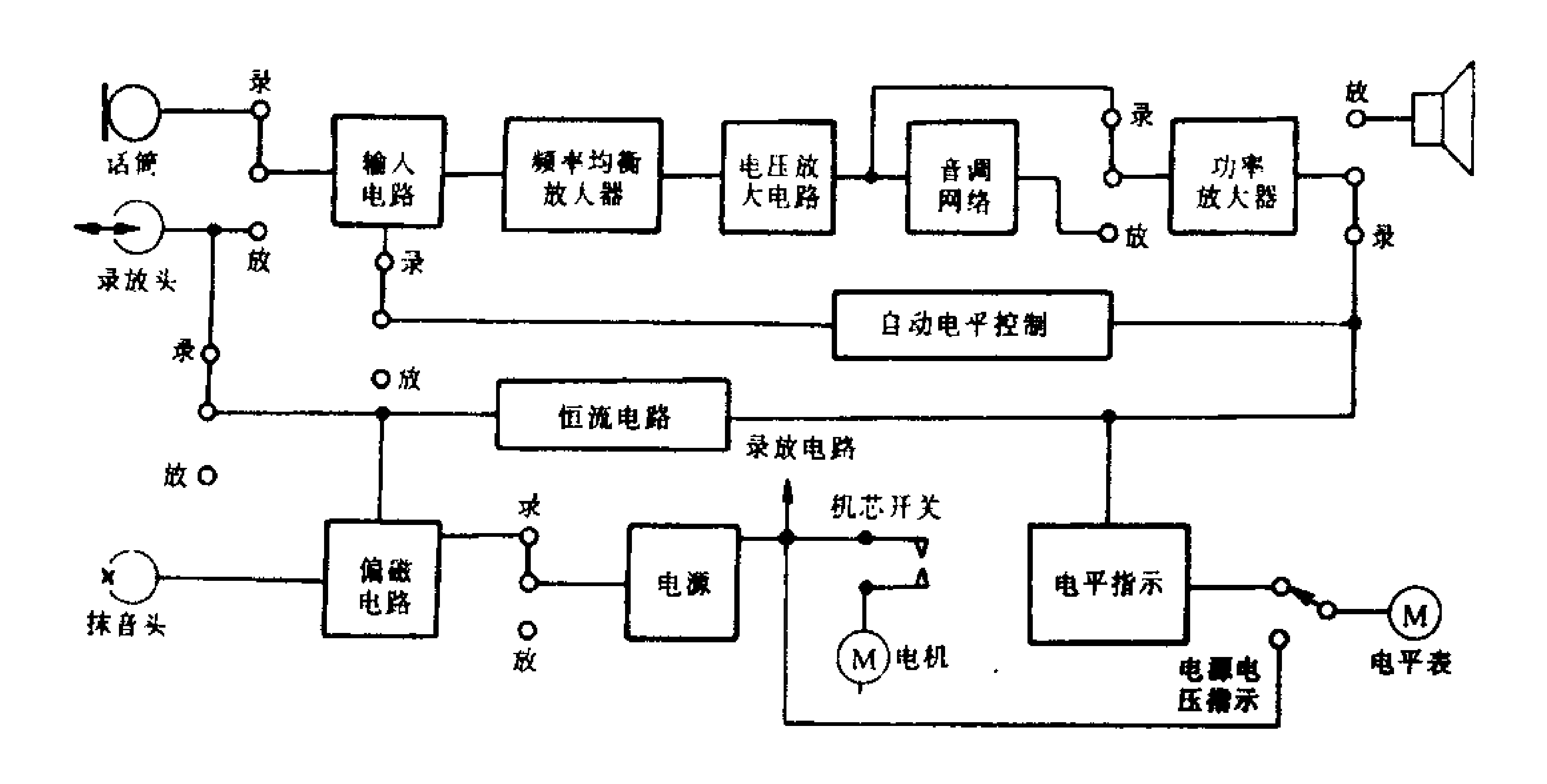


图 10－37　单声道盒式录音机方框图

输入电路　输入电路是录音信号和放音信号输入的"大门"。放音磁头是放音输入端的唯一元件。录音输入电路主要由机内话筒、外接话筒插接开关、线路输入插接开关及录音衰减器等组成(图 10－38)。机内话筒一般使用驻极体电容话筒，R_4 为话筒提供极化电压，R_5 是话筒的负载电阻。录音时，话筒捡拾的声音信号电流在 R_5 上产生电压降，通过电容 C_1，在分压电阻 R_2、R_3 的中点输出，送给放大器放大。当外接话筒插头插入 CK_1 时，触点①断开，机内话筒脱开，机外话筒接入放大器。当外接信号源为拾音、收音及其它转录信号时，一般从线路输入插口 CK_2 送入。线路插头插入 CK_2 时，与 CK_2 的触点⑤联动的开关触点②与④断开，开关触点②、③连接，线路输入信号经 R_1、R_3 构成的分压衰减器送给放大器。线路输入信号多属高电平信号，由于晶体管放大器的输入动态范围较小，直接输入容易产生失真。通过衰减器可以有效地减小录音信号失真。衰减量由 R_1/R_3 决定，R_1 越大、R_3 越小，衰减量越大，通常为 100:1 左右。

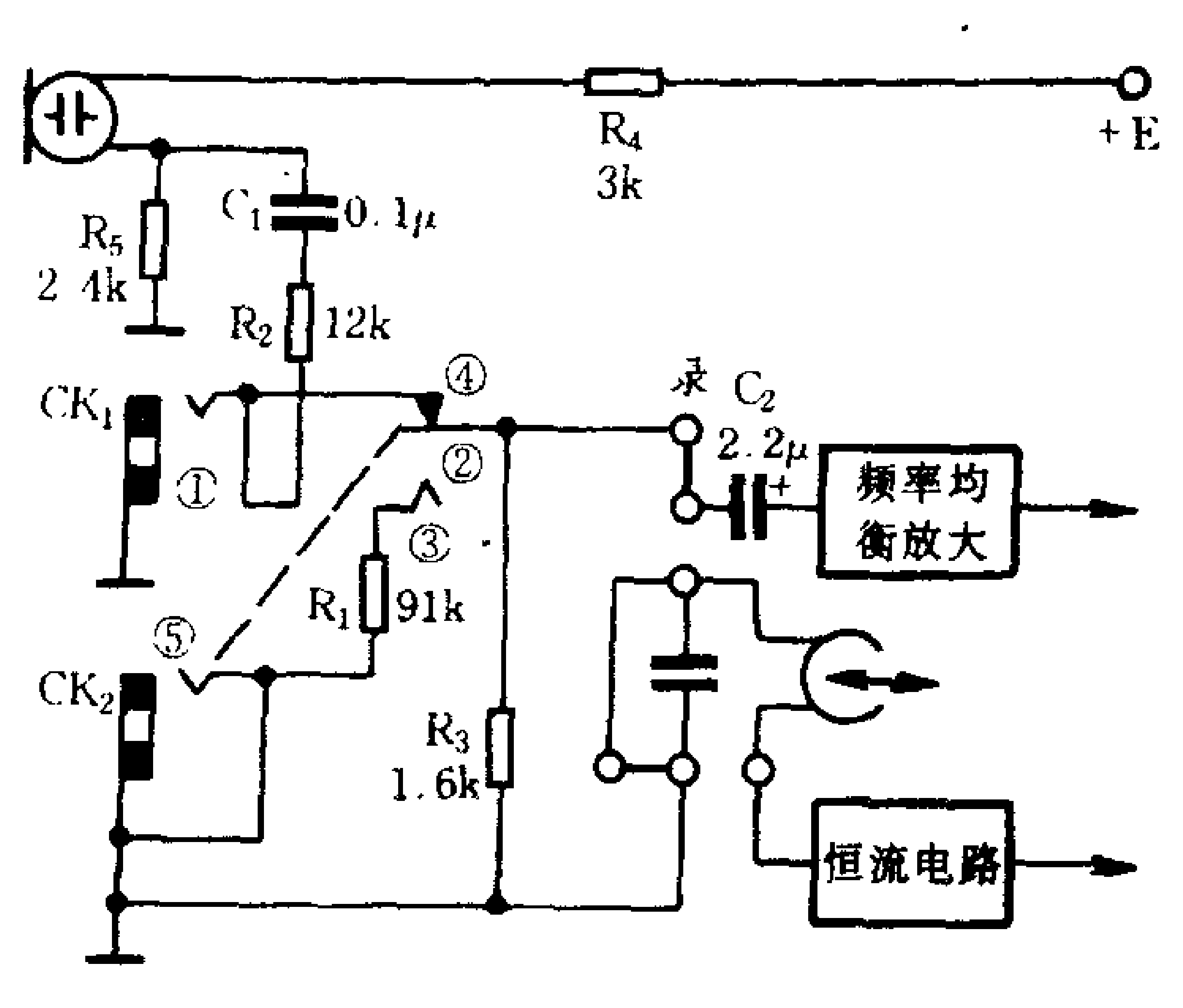


图 10－38　输入电路(上海 L－400 型)

频率均衡电路 频率均衡放大器在第二节已作介绍，具体电路参看图 10－33。对于放音来说，频率均衡放大电路作为前置级主要是把磁头感应的音频信号加以放大，并根据规定的放音补偿标准，进行频率补偿。录音时，它的作用是把话筒或其它信号源输出的音频电信号放大，并做必要的频率补偿。录、放状态通过开关转换。

音频功率放大器 它一般由电压放大、音调网络、推动放大、功率放大四部分组成。其电路与收音机、扩音机、电视机的功放电路基本相同。功放电路在录音机中的作用，是放音时为扬声器提供足够的功率，录音时，为磁头提供足够的信号电流。录音机的功放电路，要求输出功率大，失真小，频响宽，电源利用效率高等。常用的也是 OTL、OCL 及集成功放电路，它们的工作原理在上册已有介绍。下面再介绍一种录音机经常采用的音频扼流圈式功放电路。这种电路能在较低的电源电压下，获得较大的输出功率，而且频响及失真度都比较好。图 10－39 是典型的音频扼流圈式功放电路。电路的特点是输出端接有一个双线并绕的音频阻流圈 T_2，它不同于输出变压器，没有初次级之分，不做阻抗变换用，两组线圈反相接入电路。相对负载扬声器来说，L_1、L_2 对音频阻抗很大，音频输出信号电流极大部分通过扬声器放声。对直流来说，L_1、L_2 直流电阻很小，为功放管提供直流通路，两管并联接在电源 E_c 上。VT_1、VT_2 的集电极电压接近等于 E_c。音频阻流圈功放电路比功放管串联的 OTL 电路的输出功率几乎大四倍。图中 T_1 是输入变压器，次级两组线圈反相接入 VT_1、VT_2 的基—射间。当 T_1 的初级有一正弦信号输入时，次级会得到两个相位相反的信号而使 VT_1、VT_2 交替工作。假定信号正半周 VT_1 导通，VT_2 截止，i_{c1} 由于 L_1 的扼流作用，大部分流过负载（扬声器）；负半周时，VT_2 导通，VT_1 截止，i_{c2} 由于 L_2 的

扼流作用，经 C_2 反向流过负载喇叭，正负半周在负载上合成完整的波形。可见，T_2 仅起声频阻流和提供直流通路用。实际这种电路也属于无输出变压器功放电路。

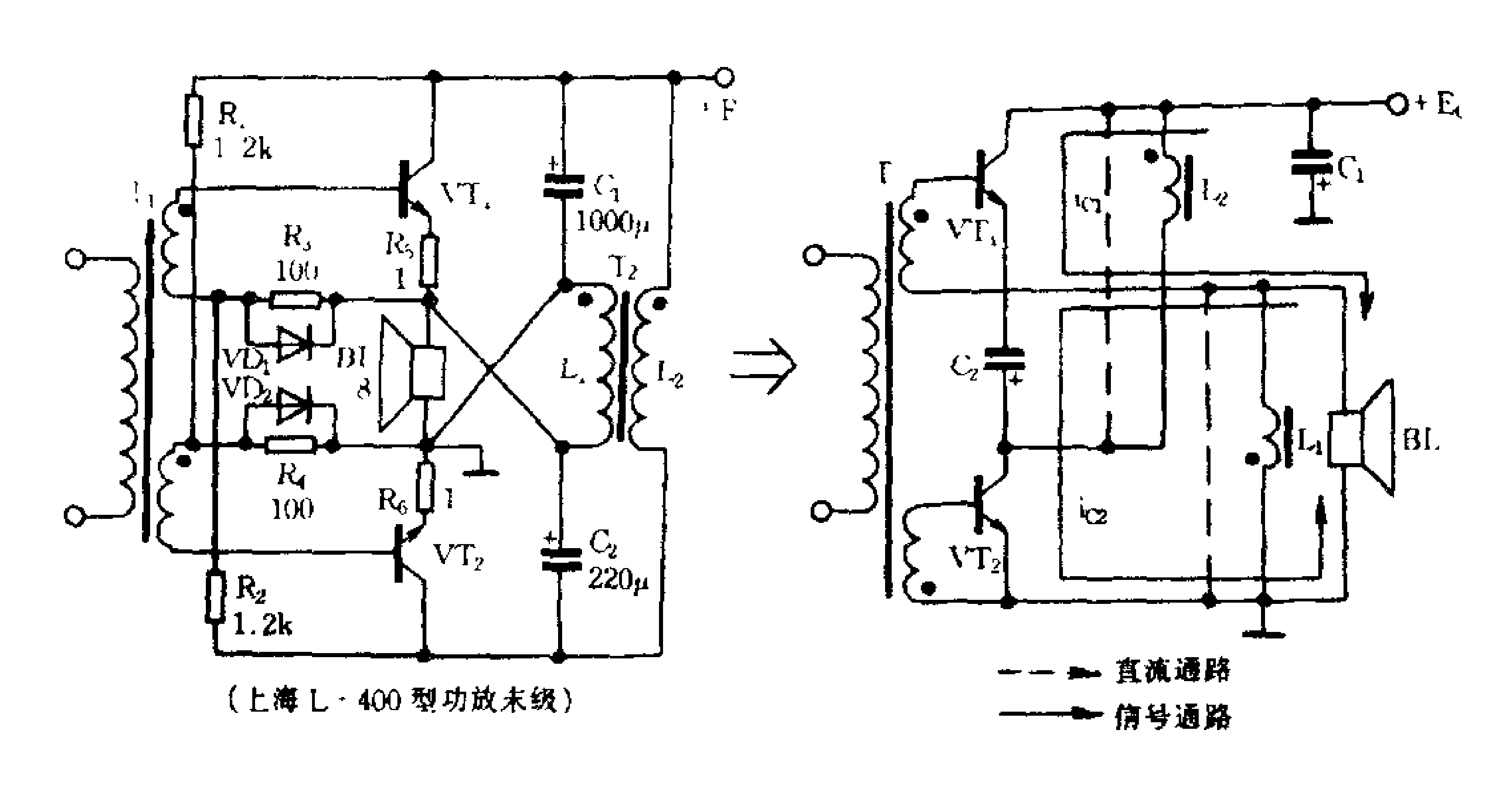


图 10－39　音频扼流圈式功放电路

R_1、R_2、R_3、R_4 是 VT_1、VT_2 的偏置电阻。R_5、R_6 是两管的发射极负反馈电阻，起稳定输出电流的作用。VD_1、VD_2 用以稳定工作点，起温度补偿作用。

录音机功放电路的电压放大器、音调电路及推动放大器与一般收、扩机电路相同，这里不再介绍。由功率放大器放大录音电流的电路，录音时，音调电路要通过录放开关断开，以避免音调电路对录音频率特性的影响。

偏磁电路　偏磁电路有直流偏磁电路和交流偏磁电路两种。根据录音偏磁方式和抹音方式不同，可分为交流偏磁、交流抹音，直流偏磁、直流抹音，交流偏磁、直流抹音等多种方式。其具体电路请参看图 10－22、10－24、10－25、10－26、10－28。交流偏磁电路及抹音电路，在放音时，通过录放开关切断。

恒流电路　请参看图 10－35。

自动电平控制电路和电平指示电路　详细工作原理将在第

四节中讨论。自动电平控制电路在录音状态时接通，其作用是使录音放大器适应输入信号的强弱变化，使强信号输入时不致产生录音失真。电平指示电路的作用是通过电平表显示录音电平，以便监视电平高低，取得合适的录音电平值。电平表通过开关转换，还兼作音量指示和电源电压指示。

电源供给电路　袖珍式、便携式盒式录音机一般都可以交直流两用。电源电路与收音机、扩音机电源电路基本相同。录音机电源电路主要为录放音电路、电动机、指示灯等提供直流工作电压和电流。为了提高整机信噪比，电源变压器通常用铁皮包封屏蔽，初次级加有静电隔离层。有一些机型还加有稳压电路。图 10－40 电路是单相全波整流电路。直流供电时，本机交流电源插座附带的转换开关 S_1 的常闭触点 2、3 连通，电池接入电路。交流供电时，插头 CT 顶开触点 3、2，断开电池，而触点 1、2 连通整流电路工作。电动机并联接入电源，并由机芯开关 S_2 控制启闭。一般在电源中还串有话筒遥控插座，以备外接话筒(带有遥控开关)时随意在一定距离控制录音电路的通断，便于节目编辑。一些简易型录音机电源输出电路中，有时接入一个手动开关，作为暂停使用。图 10－41 是另一种带有稳压电路的全波桥

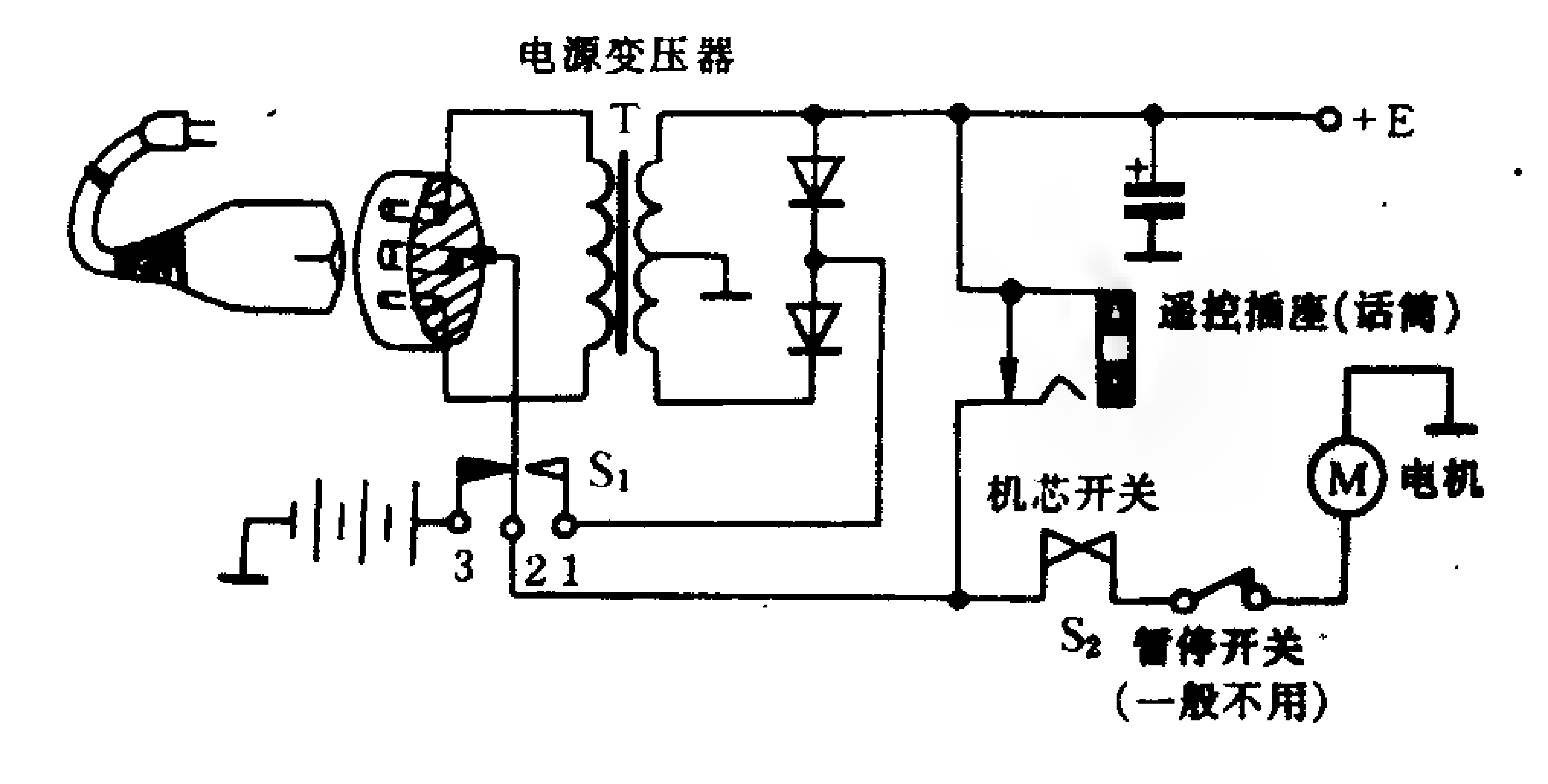


图 10－40　录音机电源电路之一

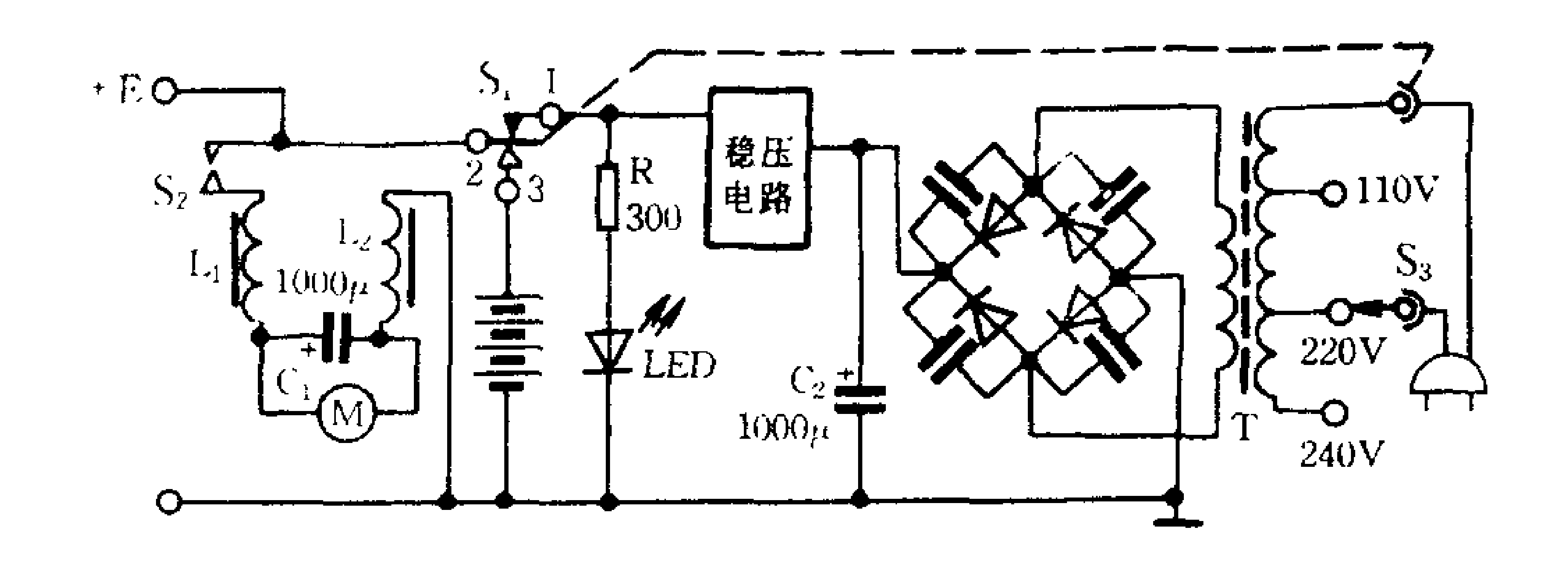


图 10－41　录音机电源电路之二

式整流电路。LED 发光二极管,作开机指示用。接在电机两端的 L_1、L_2 和 C_1 用来抑制电机火花干扰。另外,一些进口和出口录音机,还设有交流电源选择开关,以适应不同地区的供电电压。电压选择是通过在电源变压器初级线圈设置抽头实现的。

上面我们分别介绍了单声道录音机各部分电路的工作情况。下面我们把上述电路组成完整的录音机电路,给读者一个清楚的电路概念。一些单元电路用方框图代替(图 10－42)。录音机的录音、放音状态由录放开关 $S_{1-1} \sim S_{1-6}$ 转换。开关由机芯录音按键控制。放音时,录放磁头接入 VT_1 输入端,经频率

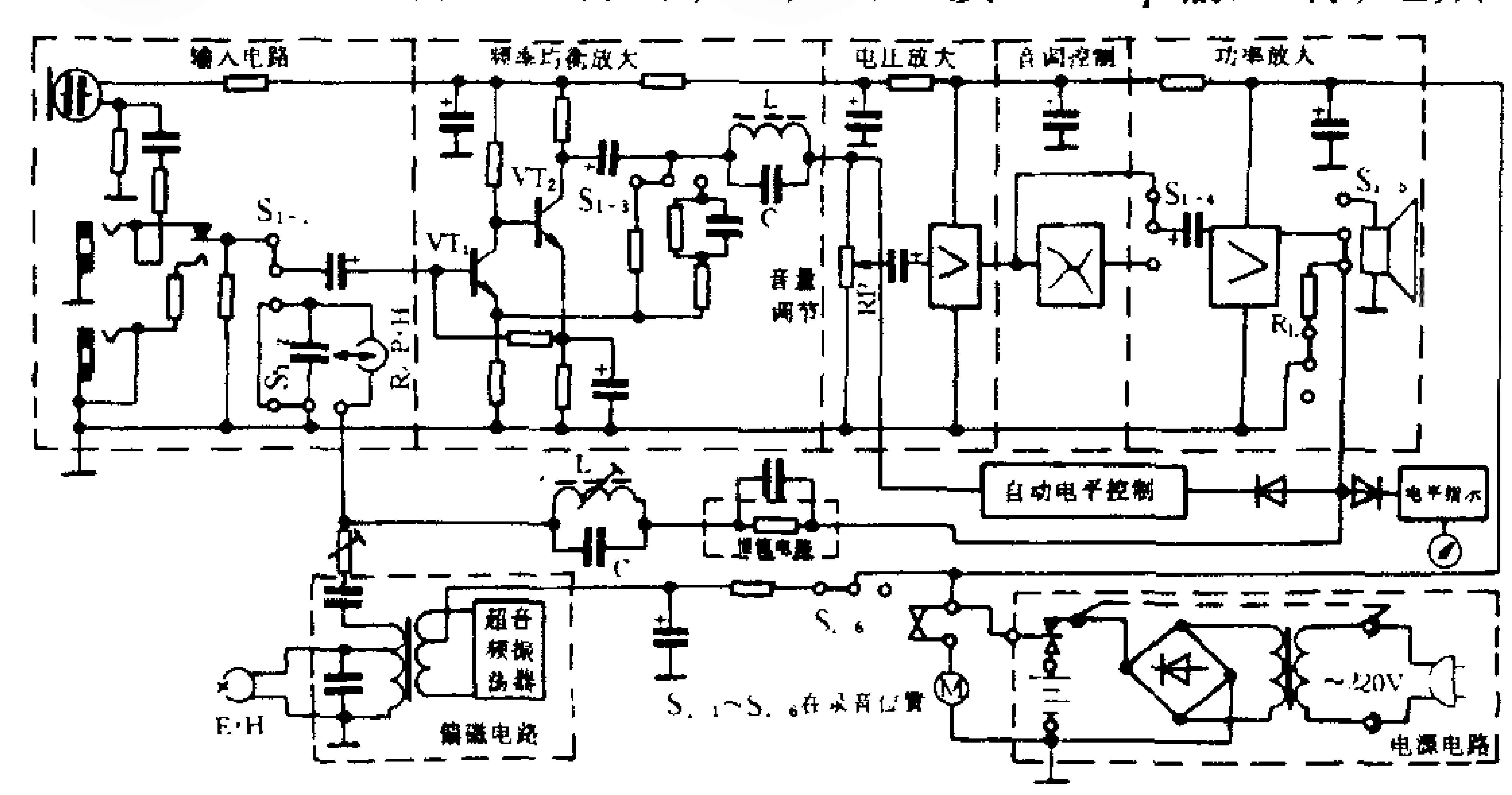


图 10－42　单声道盒式收录机电路结构

补偿的放音信号由功率放大器放大，送给扬声器放音。录音时，由话筒或其它信号源输出的音频信号，经频率均衡放大器、功率放大器（或专用录音放大器）放大，再在恒流电路进行录音补偿，然后送到录音磁头；与此同时，超音频偏磁电流也一起送到录音磁头和抹音磁头。此外，由功放电路输出的录音信号，一部分还要送给自动电平控制电路和电平指示电路，以对录音信号电平进行控制和监视。功率放大器作为录音放大器，为了不改变放音时的负载状态，录音时以 R_L 为负载，放音时，R_L 断开，扬声器接入。

图中，频率均衡放大器输出端和恒流电路串有 LC 并联谐振回路，谐振频率等于超音频振荡频率，回路对超音频呈现很大阻抗，起陷波作用，以避免超音频窜入录音放大器造成干扰。电源电路中的串联电阻和并联电解电容是电源的滤波元件。

随着音响集成电路日益增多，录音机广泛采用集成电路。图 10－43 是一种采用集成前置频率均衡放大器的电路。

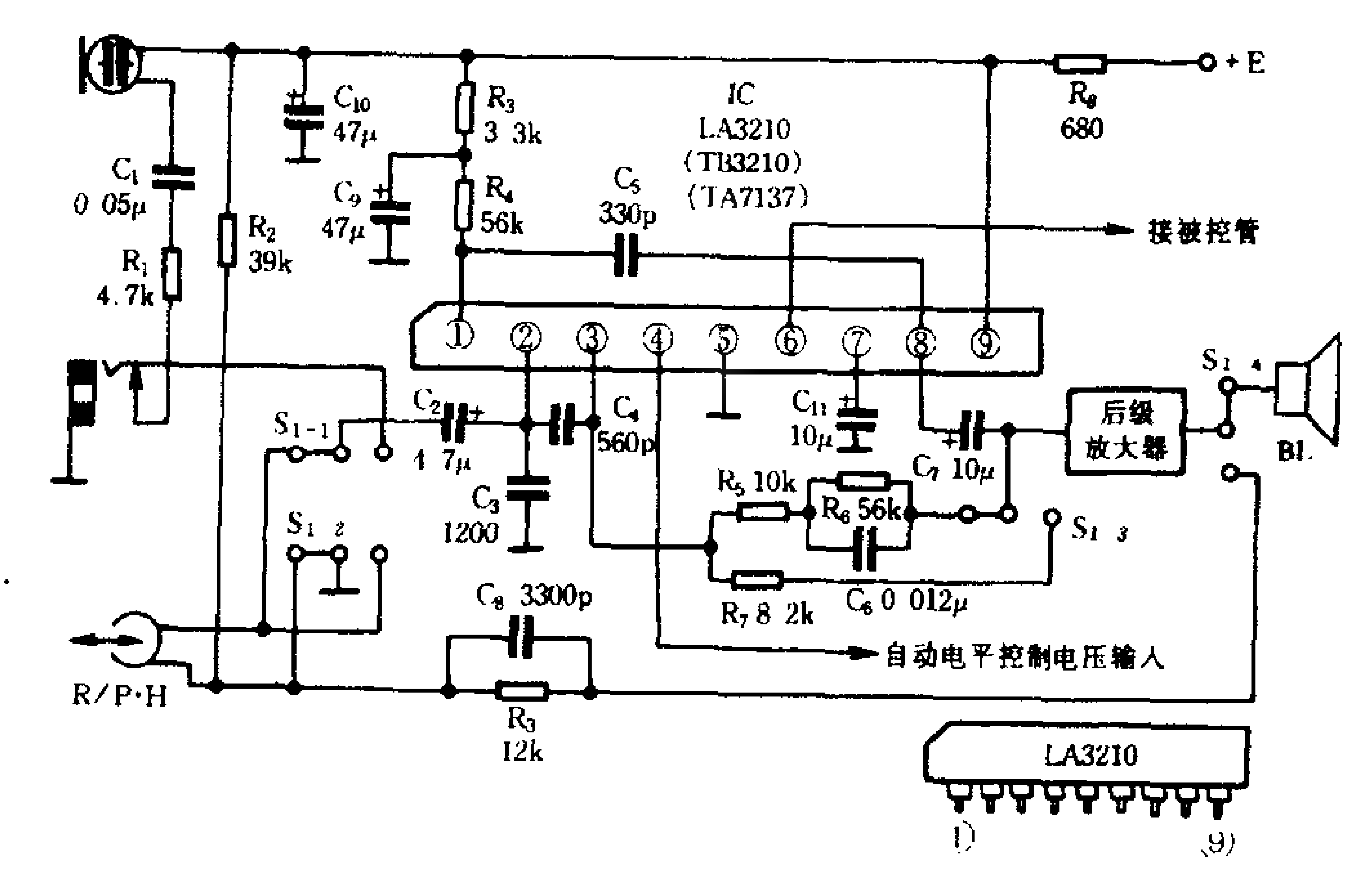


图 10－43　集成录放音频率均衡放大电路

LA3210是录音机专用的集成前置放大器，电路具有噪声低、外围元件少、自带录音电平控制电路等优点，应用十分普遍。国产TB3210与之性能相同。图10－43电路采用直流偏磁方式，R_2为偏流电阻。LA3210的②脚为信号输入端，录音负反馈电阻R_7和放音频率补偿网络R_5、R_6、C_6接在③、⑧两脚之间，由S_{1-3}转换。补偿后的信号从⑧脚输出供后级放大器放大。录音时，录音电流经恒流电阻R_3及录音补偿电容C_8送给磁头录音；放音时，通过录放开关S_1转换，由扬声器放音。自动电平控制电压则由④脚输入，⑥脚接被控管的输入端。C_3、C_5是高频噪声抑制电容，C_4是防振电容，C_9、C_{10}、R_3、R_8是电源滤波电容和电阻，R_4为内部第一只放大管的负载电阻，C_{11}是内部第三只放大管的射极电容。

图10－44是采用集成功放电路的录音机电路。LA4102是便携式普及型录音机常用的功放集成电路，当电源电压为9V、扬声器阻抗为8Ω时，其输出功率可达1.4W左右。国产TB4102

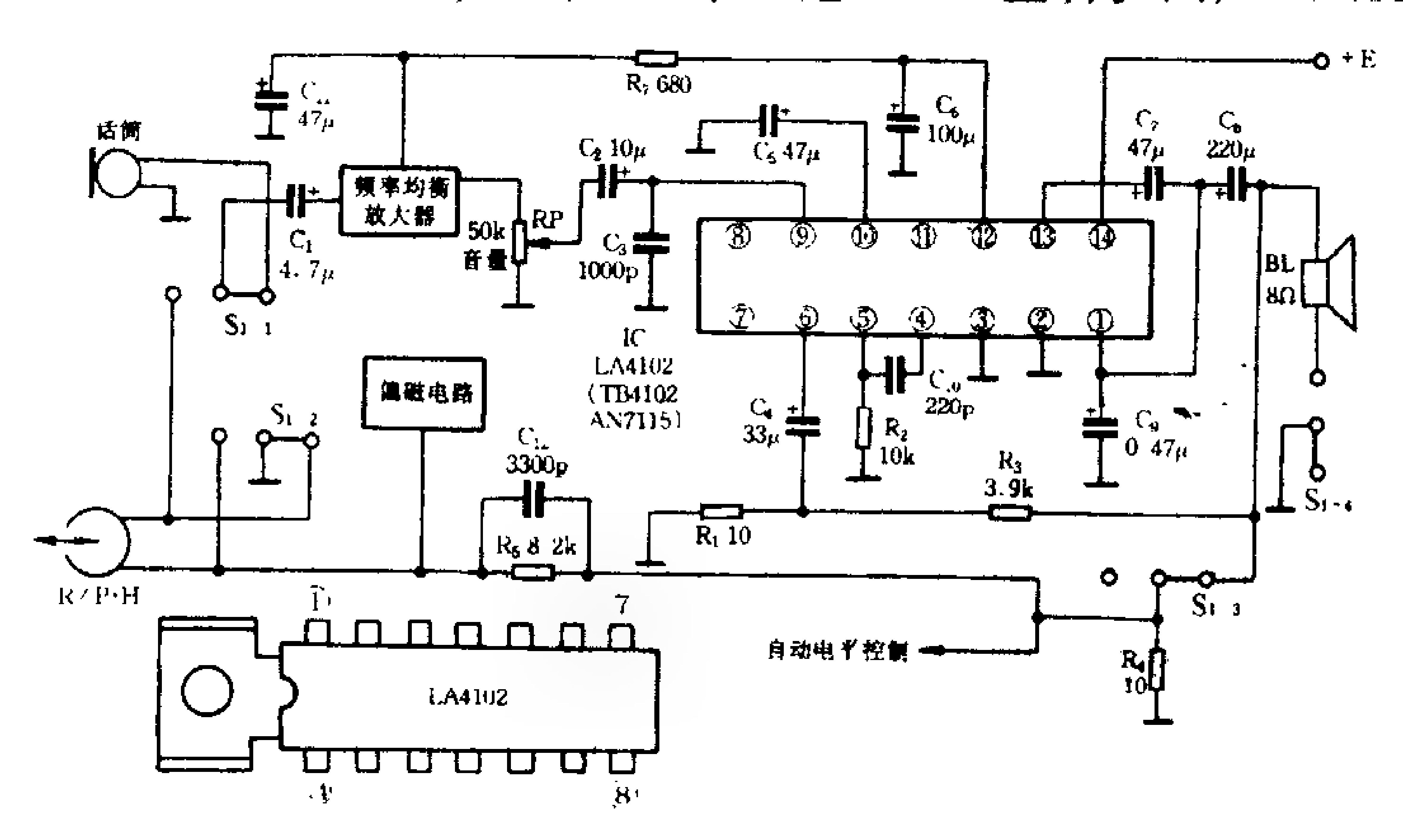


图10－44 录放音集成功放电路

与其性能相同。LA4102 内部包括前置级、推动级和 OTL 功放级三部分。其⑨脚为信号输入端，⑬脚为功率输出端。R_1、R_3 为输出端的分压电阻，C_4 是负反馈电容。C_{10}为防振电容，R_2 为内部推动管的偏置电阻。C_5、R_6 为滤波电容，C_7 为自举电容，C_8 为输出电容。录放音工作情况与图 10－43 的情况相同。R_4 是录音时功放电路的输出负载电阻。

录音机功放集成电路型号很多，其内部电路大同小异，有的功放集成电路还带有热保护、过压保护、电源浪涌保护等电路。另外，只用一块集成电路的单片录音机也有生产。录音机的集成化给生产和使用带来了极大方便。

二、立体声盒式录音机

立体声录音机具有左(L)、右(R)两个声道。左右两组录放电路是性能完全相同的放大器，实际可以看作是两个单声道录音机的对称组合，而录放磁头是专用的双线圈、双缝隙的立体声磁头。立体声录音机较之单声道录音机，能重放更为丰富的声音信息，主要用于音乐重放，因此具有更高的电声指标。一些特殊电路，如声像展宽电路、噪声抑制电路、自动选曲电路等也只用在立体声录音机上。立体声录音机也可以作为单声道录音机使用，但要获得立体声效果，节目源必需是双声道的。图 10－45 是立体声录音机的电路方框图。可以看到，左、右声道的电路结构与单声道录音机的电路结构基本相同。录、放磁头虽然单独画成两个磁头，实际是组合在一起的一个磁头。偏磁电路为磁头的两组线圈提供相同的偏磁量。

与单声道录音机不同的是，立体声录音机大都采用前级录音方式。录音电流取自前置频率均衡放大器的输出端或由专门的录音放大器提供。这与单声道录音机录音电流取自功放输出

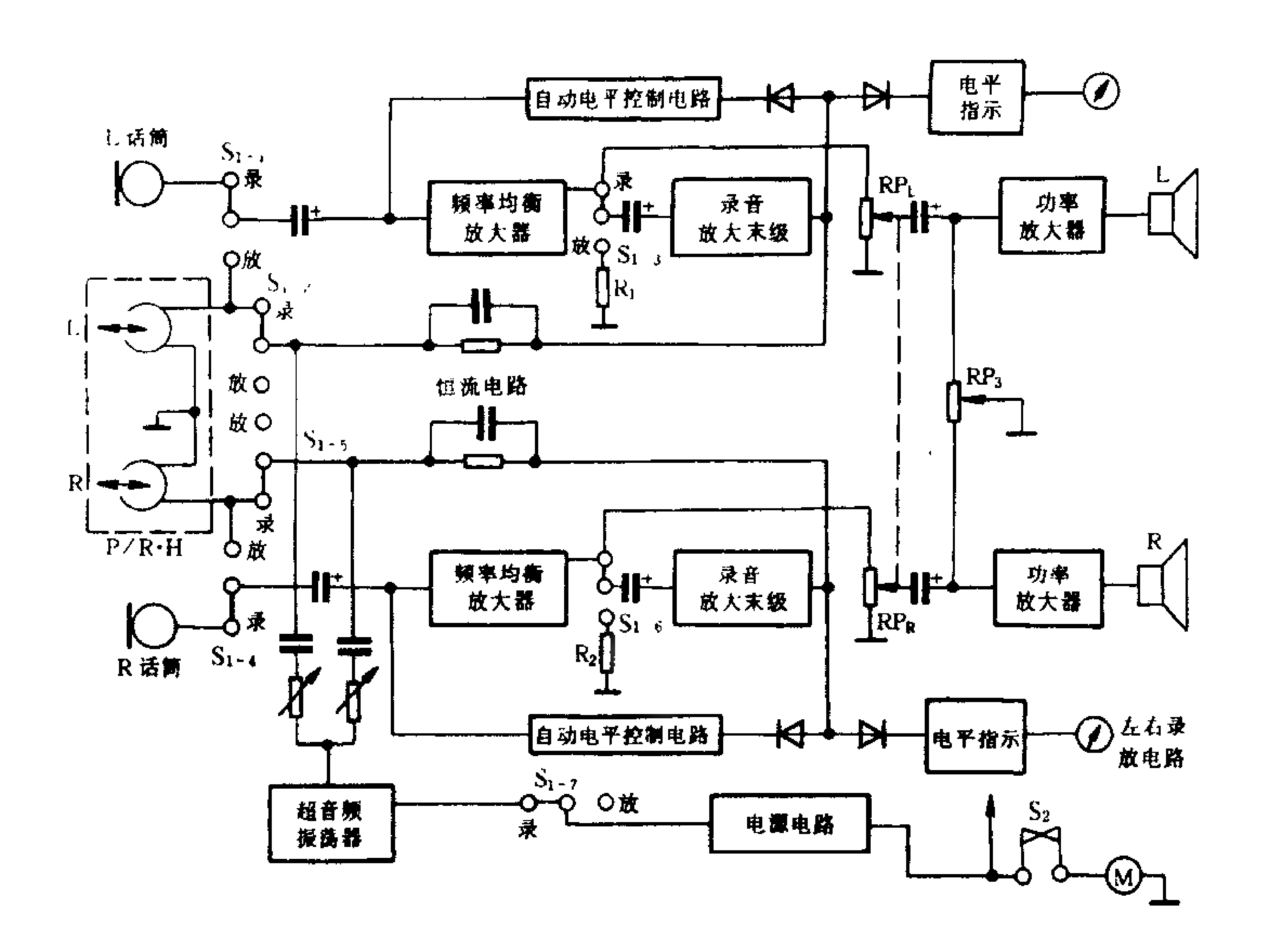


图 10－45　立体声盒式录音机电路方框图

端相比,录音信号的失真度、信噪比和频响指标均有提高。从图 10－45 电路方框图可以看到,录音时,由均衡放大器输出的信号,一路送到功率放大器供监听,一路送到专用录音放大器放大。放大的录音电流经恒流电路录音补偿后,输送给磁头线圈,使磁带录音。自动电平控制电压和电平指示电压也是由录音放大器的输出信号经整流后取得的。放音时,录音放大器输入端与前级断开,并通过 S_{1-3}、S_{1-6}与接"地"电阻 R_1、R_2 连通,使录音放大器处于"静止"状态,自动电平控制和电平指示电路也停止工作。放音信号通过音量电位器 RP_L、RP_R 输送到功率放大器放大,由扬声器放音。图 10－46 是一种前级录音电路。VT 组成的录音放大器的输入端和前级均衡电路的输出端相连,录音电流取自 VT 的集电极输出端。VT 射极电路的 LC 串联回路

为录音高频提升网络。有的电路还在VT组成的录音放大器的前、后加有前置放大和射极输出级。这时，录音信号及自动电平控制、电平指示信号均取自射极输出器的输出端。

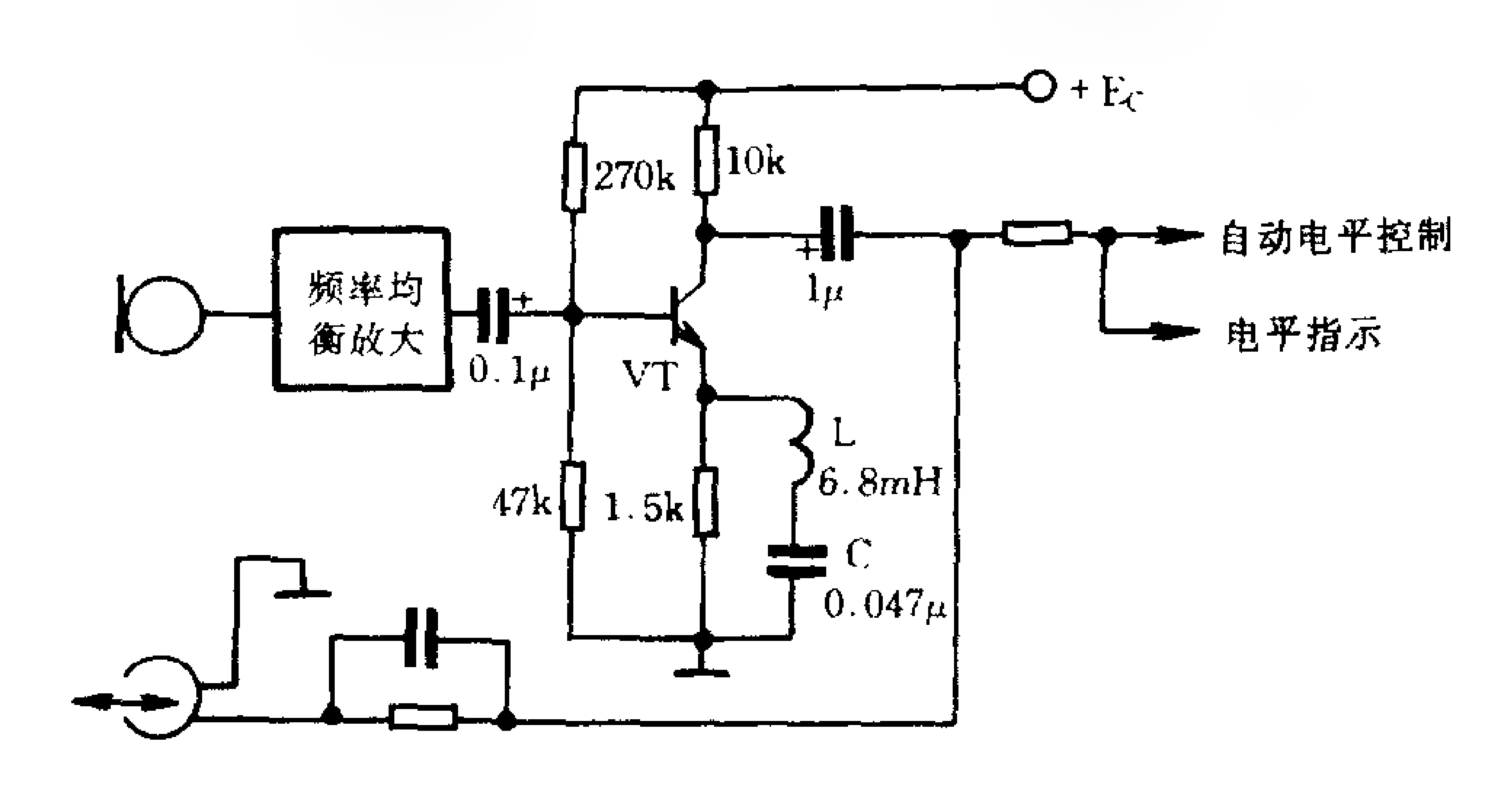


图 10－46　一种前级录音电路

另外，左右声道的音量和音调调节电位器上都是同轴的，可以同步调整。通常立体声录音机都设有平衡调整电位器(RP_3)，以对重放条件的不对称性进行校正。一般影响重放条件左右不对称的因素，主要是左、右扬声器性能不一致、两个声道的放大增益有差别，以及室内听音环境声学上的不对称性等。当我们放送单声道磁带节目时，聆听者站在左、右扬声器的正前方，声音应来自左、右扬声器的中点，如果声音偏移中点，则可调整平衡电位器，使声音发自中间，达到重放时左右平衡。没有平衡调整的录音机，一般左右声道的音量可以分别调节，同样可以达到调平衡的目的。平衡调节电位器通常放在功放前置放大器内，电位器上、下两臂接在左、右声道功放前置放大器输入端，中间滑动臂接“地”，改变滑动臂位置，可以改变输入信号的对“地”电阻，从而控制信号大小，达到控制左、右声道增益的目的。正常情况下，平衡电位器滑动臂应始终置于中点。

立体声录音机大都设有线路输入和线路输出插口,以备与其它录音机相互转录或将输出信号送给其它扩音设备。线路输出信号是经线路放大器放大的信号,幅度一般为几百毫伏,输出阻抗为几百欧到几千欧,较之从功放级直接输出的信号,具有更高的保真度。图 10-47 是两种线路放大器电路。图(a)是由 VT_1、VT_2 组成的专用线路放大器。R_7、C_3 为负反馈网络,与主放大器构成电压串联负反馈,在这里主要用以改善失真,展宽频带,提高输入电阻和降低输出电阻(即稳定输出电压)。由于 R_7、C_3 的时间常数为 8μs,转折频率为 20kHz,可见,C_3 为校正电容,用来防止自激,提高负反馈放大器的稳定性。电位器 RP 放音时,用于音量调节,录音时,用于录音电平调节。图(b)是以功放电路的电压放大级兼作线路放大器用。线路输出信号取自 VT 集电极输出端,更讲究一些的线路放大器还在 VT_2 的后面串

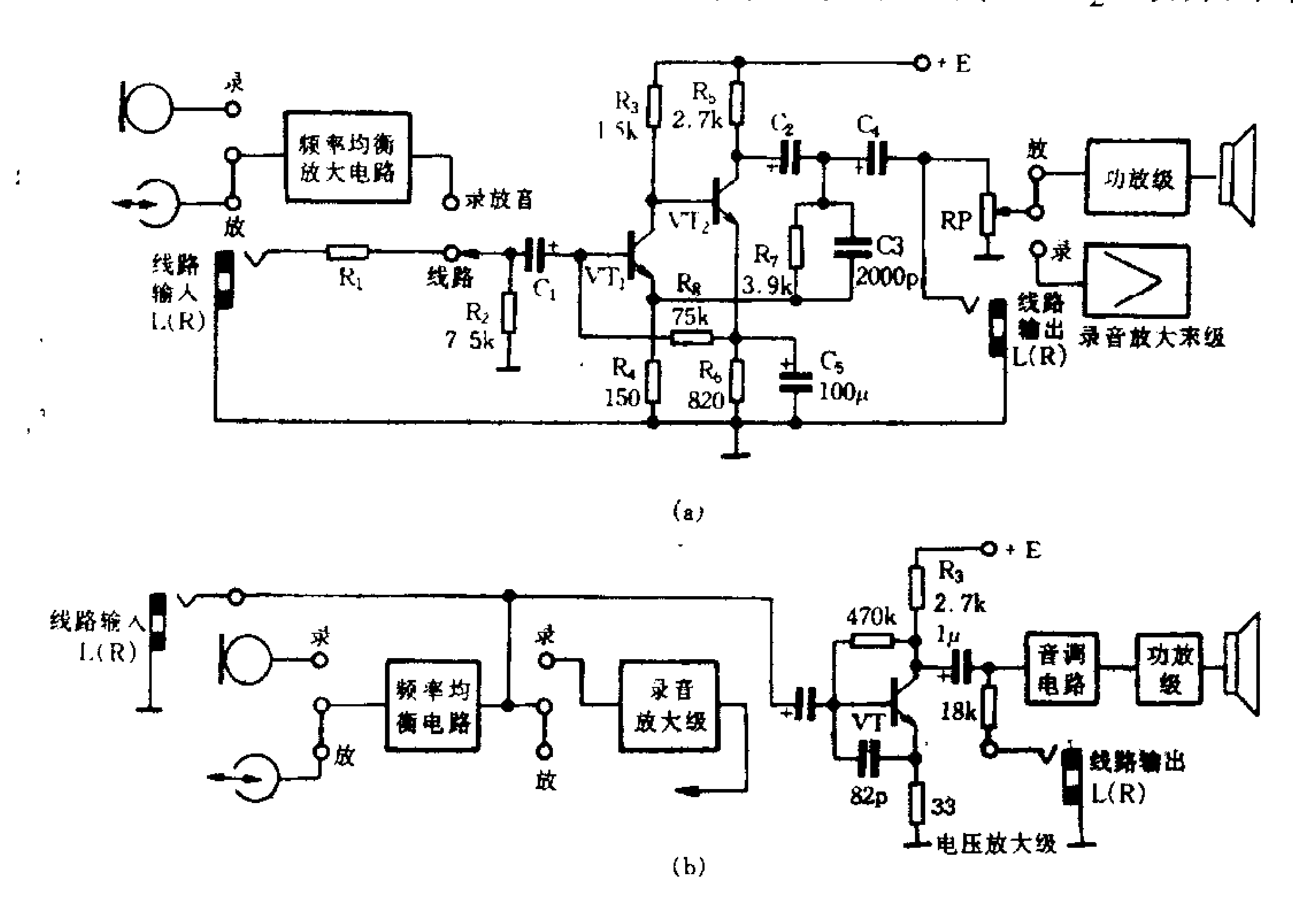


图 10-47 线路放大器

接一级射极输出器，线路信号从射极输出，以提高 VT_2 的负载阻抗，增强负反馈量，减小失真；同时还能降低线路输出阻抗，提高信噪比。

线路输入、线路输出插座通常采用普通 3.5mm 插头座、针形插头座和国际通用的五芯插头座(DIN)。图 10－48 是五芯插座的接线图。

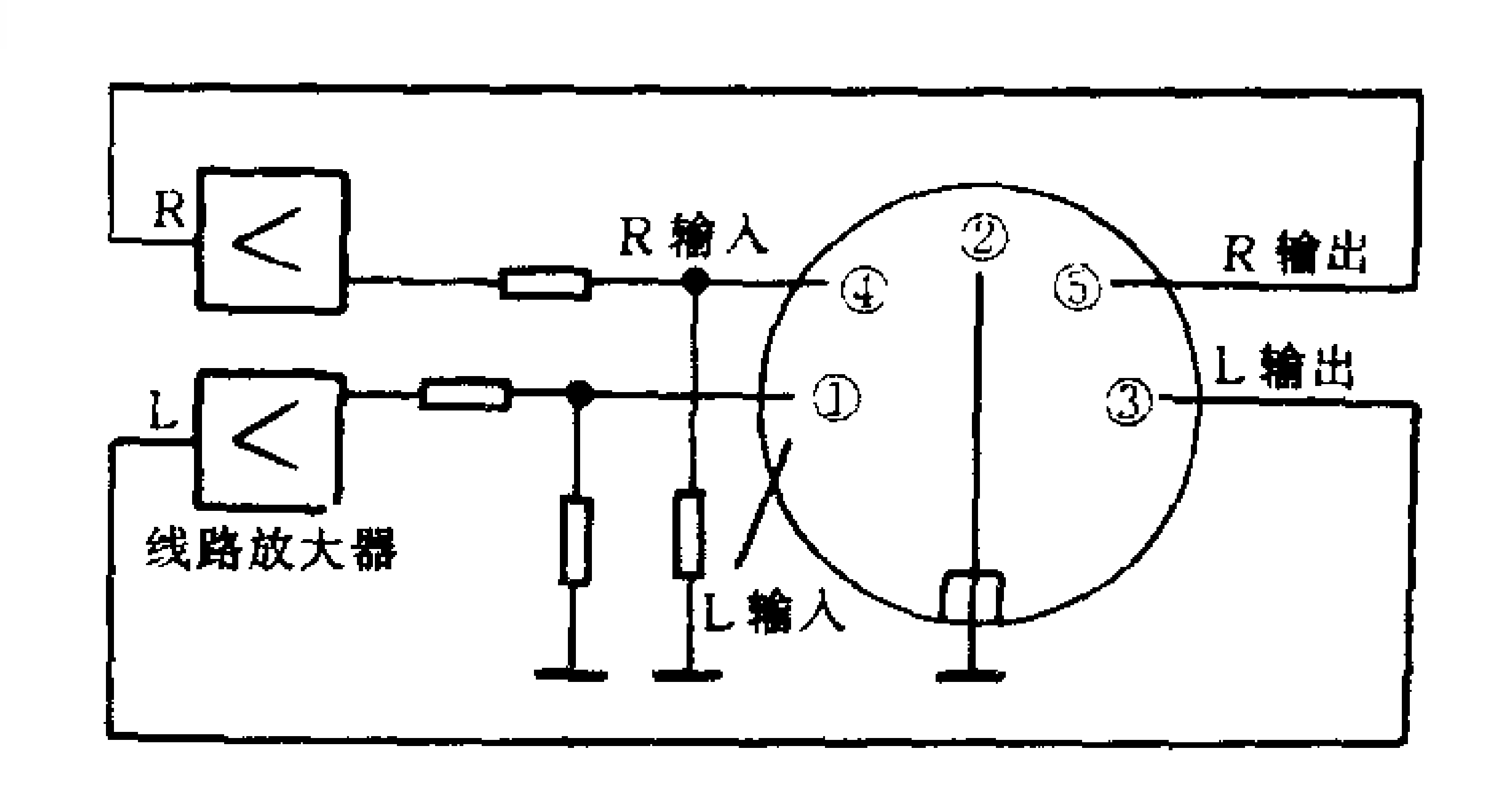


图 10－48　五芯插座的接法

有些录音机还带有混录放大器，以便用外接话筒把解说词或其它需要插入的节目内容与音乐等节目混合。混合信号的大小可通过电位器调节，不需要混录时，可以通过混录开关，使混录信号通“地”旁路。图 10－49 是混录放大器的电路图。VT_1、VT_2 为直接耦合放大器，混录信号由 VT_2 射极输出。RP_L、RP_R 为混录信号衰减电位器。S 为混录开关。S 拨向“开”的位置时，混录信号通过 RP_L、RP_R 的同步调节，把大小相同的混录信号送到左、右输入放大器，与输入放大器的输出信号混合，送给左、右录音放大器放大，最后由磁头输出录音信号，供磁带录音。输入放大器一般为唱片放大器。录音机在放音状态时，混录信号也可以和磁带节目混合放音，以备扩音演播或作为线路输出信号供另一台录音机转录。

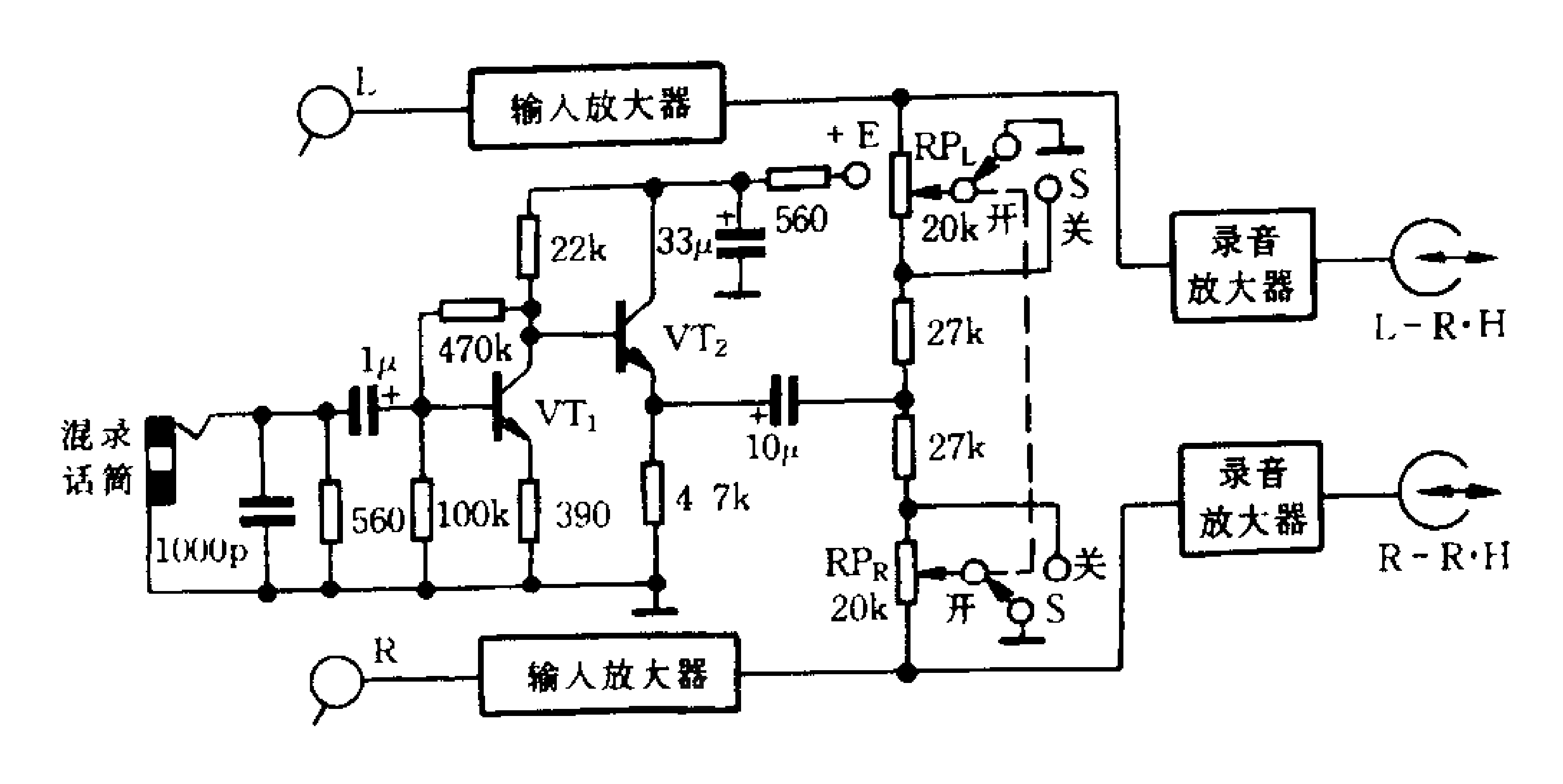


图 10-49 混录放大器

三、电子管磁带录音机

电子管盘式磁带录音机结构牢固，性能良好，在我国广大的工矿企业、农村广播站及部队、文化教育、事业单位仍有广泛的应用。下面我们以国产 L-601 型录音机为例，介绍电子管磁带录音机的电路结构。

L-601 型录音机为单声道录音机，采用盘式磁带、双音迹形式。其带速为 9.53cm/s 和 19.05cm/s。使用 9.53cm/s 带速时，频响为 200Hz～4kHz，适于录制语言节目；使用 19.05cm/s 带速时，频响为 80Hz～8kHz，适于录制音乐节目。磁头采用录放两用磁头，录、放音放大器共用，录放功能通过开关转换。偏磁和抹音方式为交流方式。录音电平和输出电平用“电眼”显示管指示。走带机构的电机采用交流供电方式。整机电路由五只电子管组成。电路结构原理与晶体管盒式录音机基本相同。

1. 录音放大器

录音放大器电路如图 10-50 所示。录音时，由电子管 VE_{1a}(1/2 6N2)、VE_{1b}(1/2 6N2)和 VE_2(6J1)组成三级电压放大器，频率均衡网络接在 VE_{1b}和 VE_2之间。VE_2屏极输出信号的部分电

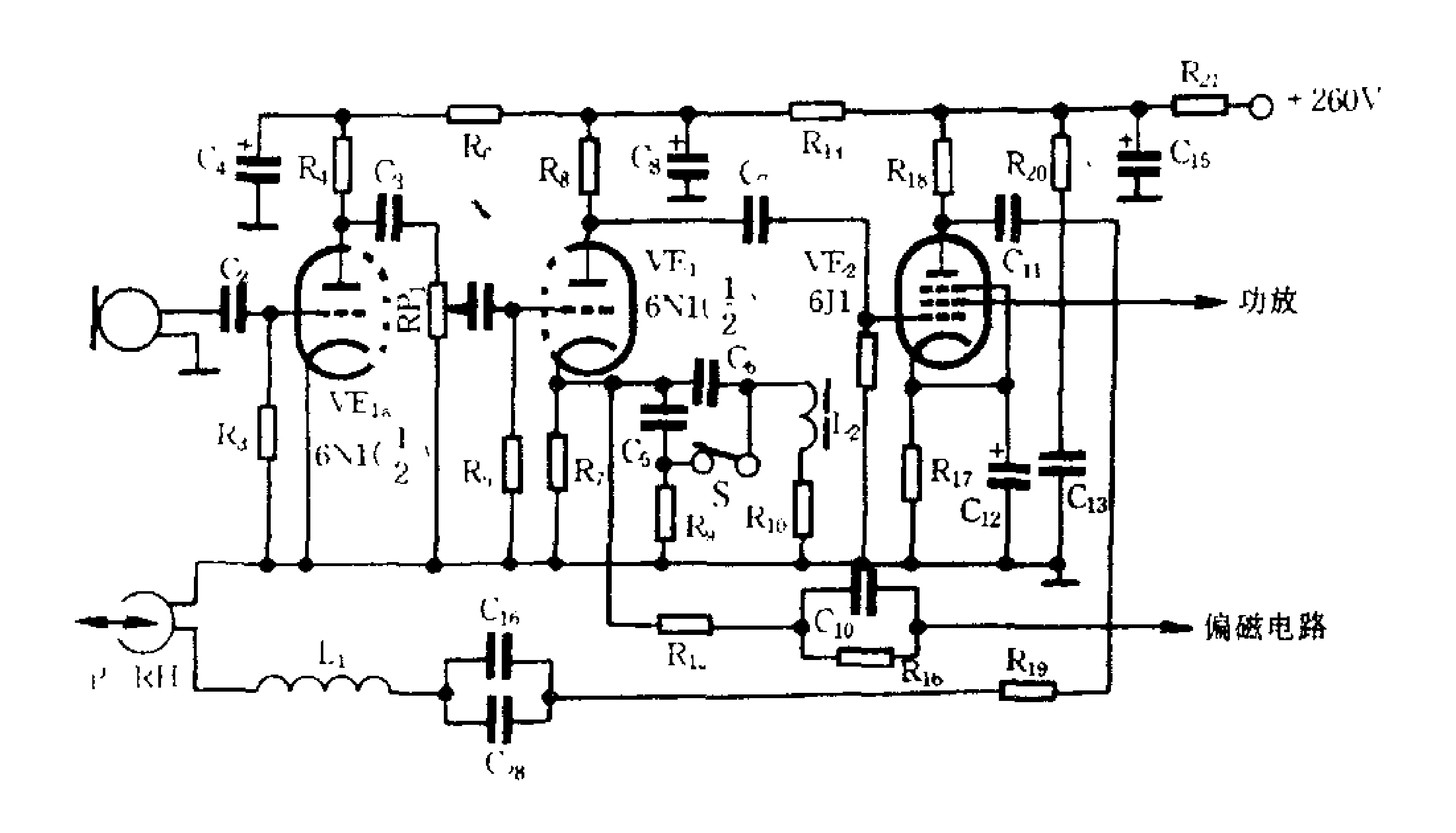


图 10－50 录音放大器

压经 R_{16}、C_{10}、R_{12}负反馈到 VE_{1b}的阴极电阻 R_7上，与 R_7上并联的 C_6，L_2 和 C_5、R_9 共同构成频率补偿电路。当带速为 19.05cm/s 时，C_6、L_2 谐振在 10kHz，对 10kHz 信号呈现极小的阻抗，R_7 上的负反馈电压近于零，放大器对 10kHz 的增益接近于没有反馈时的增益。中频时，L_2、C_6及 C_5、R_9 阻抗很大，形同开路，R_7 上的负反馈电压增大，中频增益下降。低频时，C_{10}阻抗很大，R_{16}起作用，使 R_7 上的负反馈电压减小，低频增益相对提升。总的来看，放大器压低了中频增益，相对补偿了高、低频增益。当带速为 9.53cm/s 时，变速开关 s 闭合，C_5、C_6 并联，L_2 与 $C_5 // C_6$ 谐振在 6300Hz 左右，以补偿慢速时这一频段的损失。经补偿后的录音信号从 VE_2屏极电容 C_{11} 输出，经恒流电阻 R_{19}送给录音磁头。与此同时，由 VE_3(6P1)组成的超音频振荡器输出 45kHz 偏磁信号，经 C_{28}、C_{16}也送给录音磁头。调整 C_{16}可以使磁头获得最佳偏磁。超音频振荡器同时为抹音头提供抹音电流。超音频振荡器工作原理与电子管收音机本振电路相同，这里不再介绍。超音频振荡电路如图 10－51 所示。

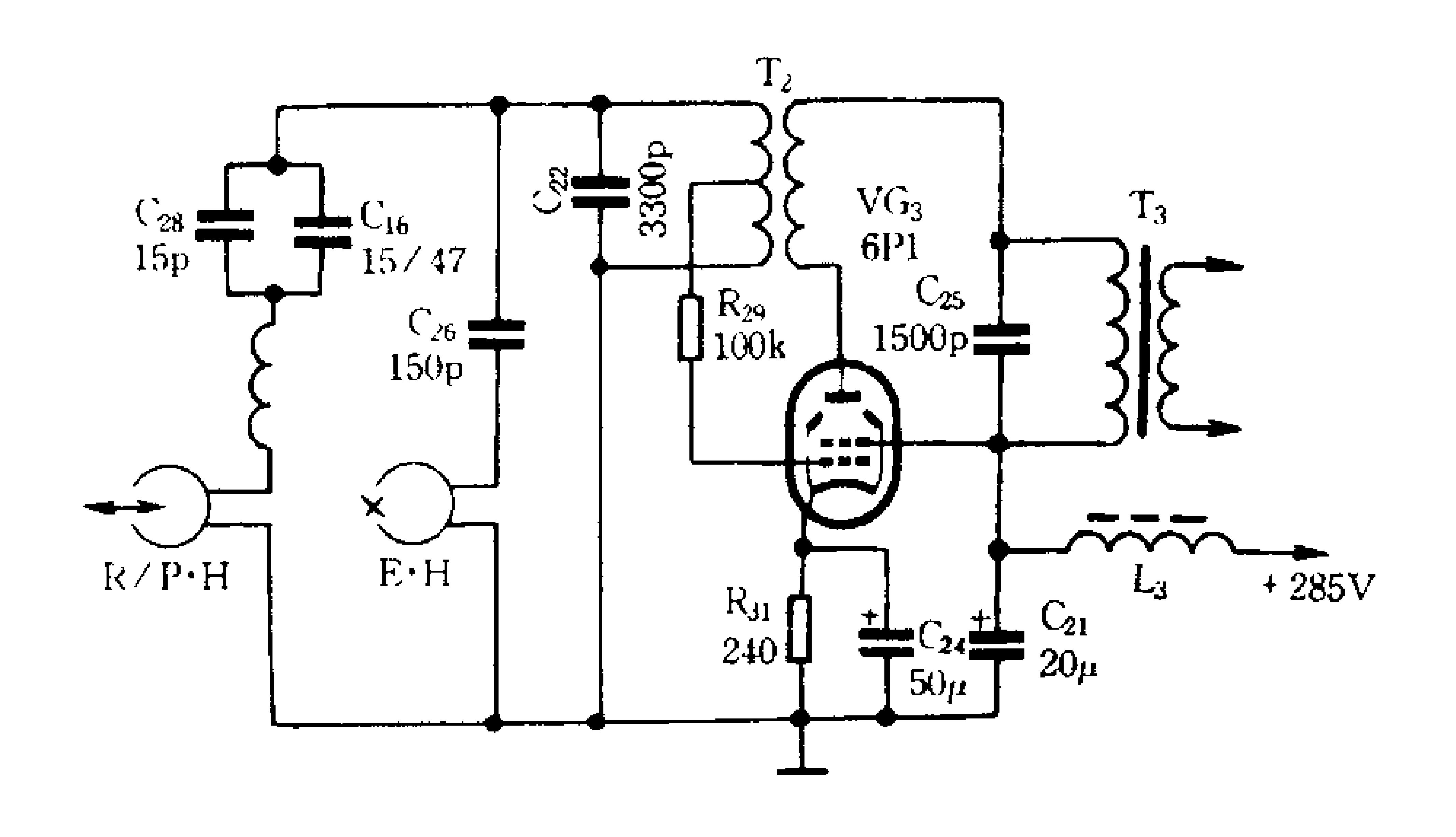


图 10－51　超音频振荡器

2. 放音放大器

放音放大器由 VE_{1a}、VE_{1b}、VE_2、VE_3组成，电路如图 10－52 所示。放音的频率补偿网络由录放开关转换到 R_{15}、C_9、R_{11}。同时，增加了通"地"电容 C_{14}；VE_{1b}阴极回路 L_2下端增加了电阻 R_{10}、R_{35}。其它元件与录音电路相同。经放大的磁头输出信号中的高音频信号首先经 C_{14}旁路一部分，另一部分经 R_{15}、C_9、R_{11}负反馈到 VE_{1b}的阴极，由于 C_6、L_2 对高音频的谐振阻抗很小、C_9 的高频容抗也很小，均可视为短路。负反馈电压主要决定于 R_{11}和 $R_7/\!/R_{10}$的分压(R_9阻值较大，可以忽略其并联作用)，R_{10}的并入，使放大器在谐振频率附近，负反馈略有减小，高频增益略有提升。

在低频时，C_9阻抗很高，R_{15}起作用，使负反馈大大减小，放大器的低频增益大幅度提升，从而补偿了放音时的低频损失。当带速为 9.53cm/s 时，变速开关 S 闭合，C_5 与 C_6 并联，L_2 串联谐振回路谐振频率降低至 6300Hz 左右；而 R_{10}与 R_{35}并联，使反馈减小，放大器对慢速录音的高频损失给以一定补偿。

经过补偿放大的音频信号，由 VE_2的屏极输出，经 C_{11}耦合给功率放大管 VE_3放大，放大后的音频功率经输出变压器 T_3的

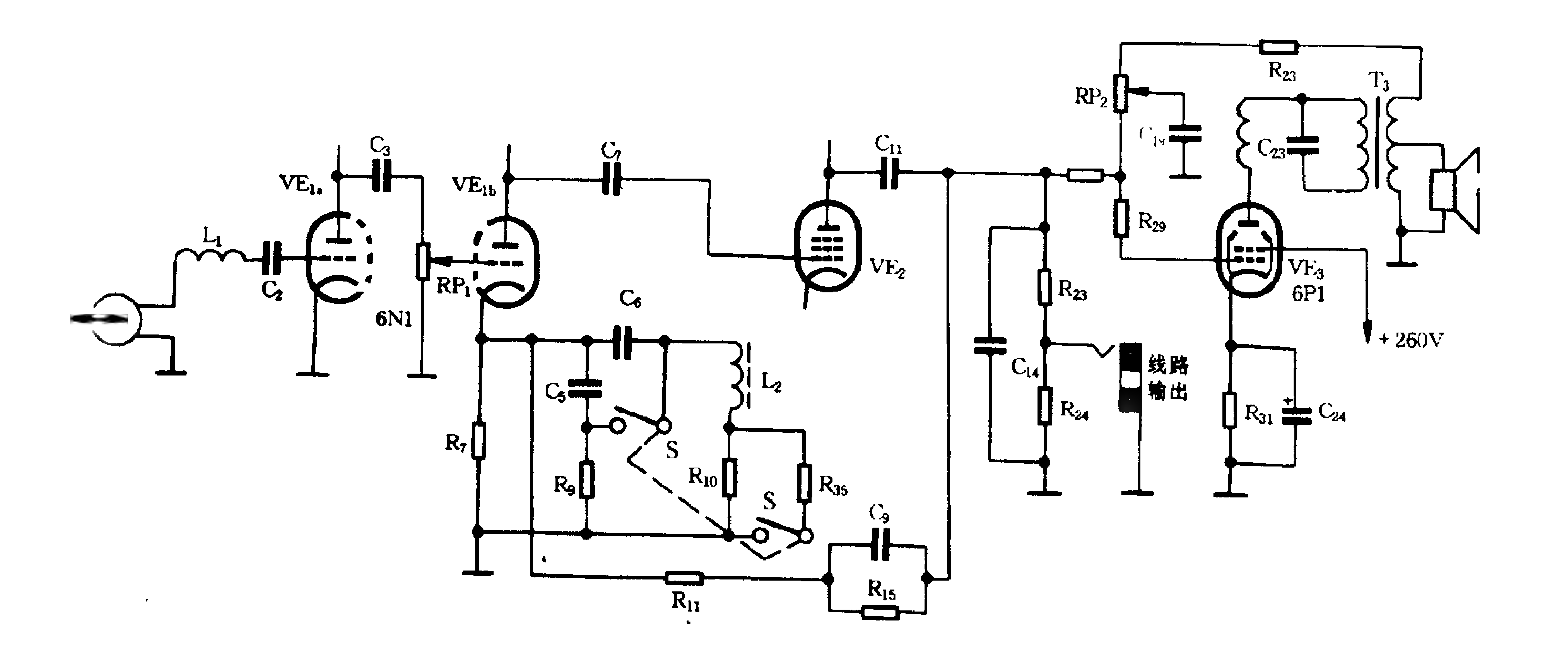

VE1a
C3
VE1b
C7
C11
RP2
R23
T3
L1
C2
6N1
RP1
VE2
R29
C23
VF3
6P1
+260V
C6
L2
C5
S
R10
R35
R7
R9
R11
C9
R15
R23
C14
R24
线路
输出
R31
C24

图 10－52　放音放大器

匹配耦合，送给扬声器放声。图中 R_{33}、C_{19}、RP_2组成负反馈式音调调节电路。线路输出电压由 C_{11}输出，经 R_{23}、R_{24}分压后由线路输出插口输出。

放音磁头电路中串了一个电感线圈 L_1，L_1叫交流声平衡线圈。当磁头受外界散射磁场的影响而感应出交流声时，调整 L_1与磁头的相对位置，使 L_1 与磁头感应的交流声大小相等、相位相反，从而相互抵消。

3. 录、放音电平指示电路

图 10－53 是电平指示电路原理图。图中 VE_5是 6E1 电眼指示管。录音或放音信号经耦合电容 C_{18}输送到指示电路，信号经 R_{28}、R_{30}分压后，由二极管 VD_1整流和 C_{25}滤波。滤波后的直流电压加在 6E1 的阴、栅极间，控制指示管荧光屏亮区的大小，从而借以监视录音电平和放音电平的大小。R_{32}是 VD_1的负载电阻，C_{20}用来滤除超音频信号。

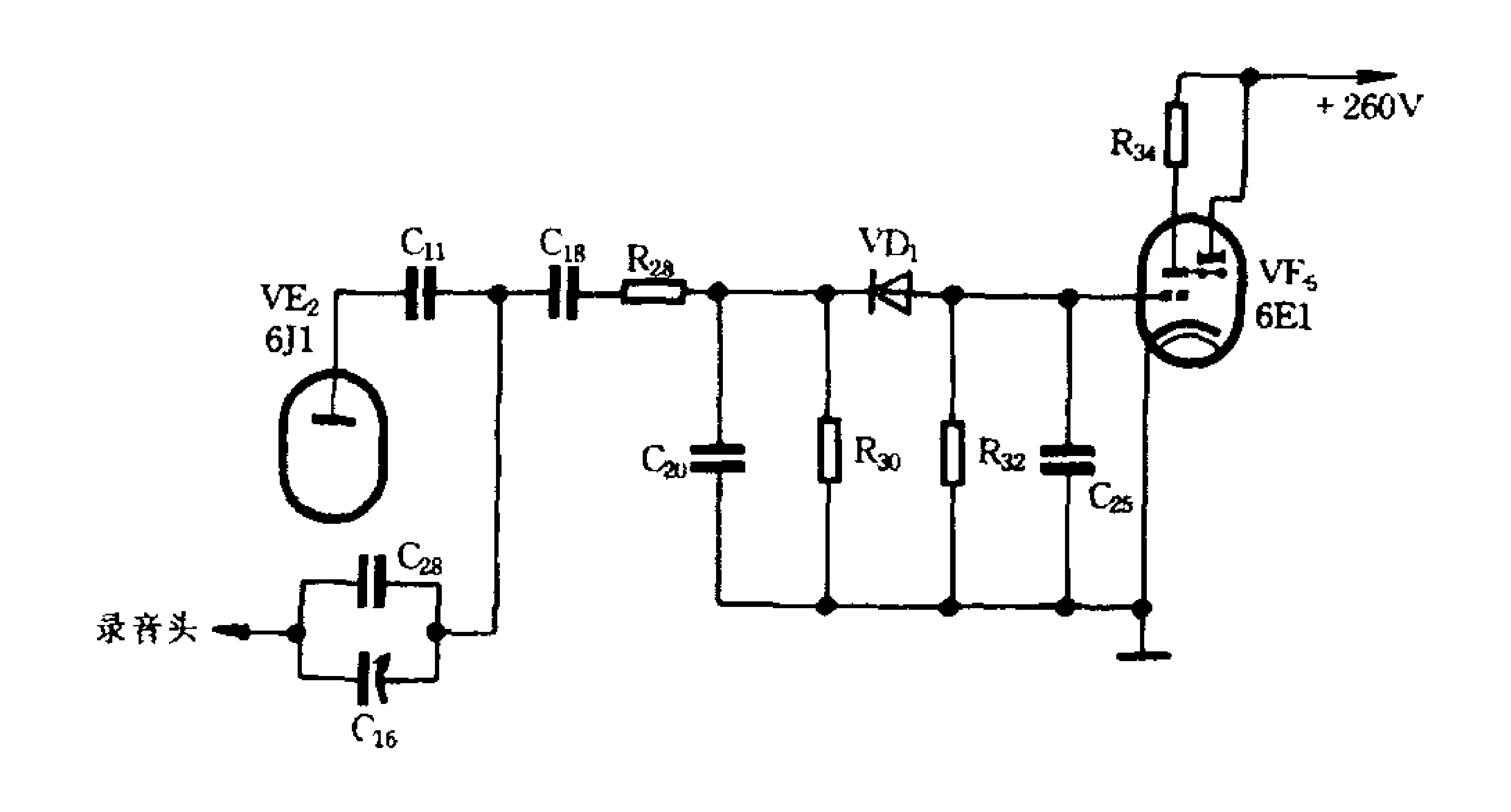


图 10－53　电平指示电路

4. 电源供给电路

录音机的电源供给电路与电子管收音机的电源供给电路基

本相同(图 10－54)，不同的是供给 VE_{1a}、VE_{1b}、VE_2、VE_3、VE_5 各管的灯丝绕组两端加了交流声平衡电位器 RP_3。RP_3 的中间滑动臂接至 VE_3(6P1)的阴极，从阴极电路获得一个正 12V 的直流电压，使各管灯丝都接上一个比阴极电位为正的电压，调整 RP_3，可以使由灯丝引入的交流声减至最小。

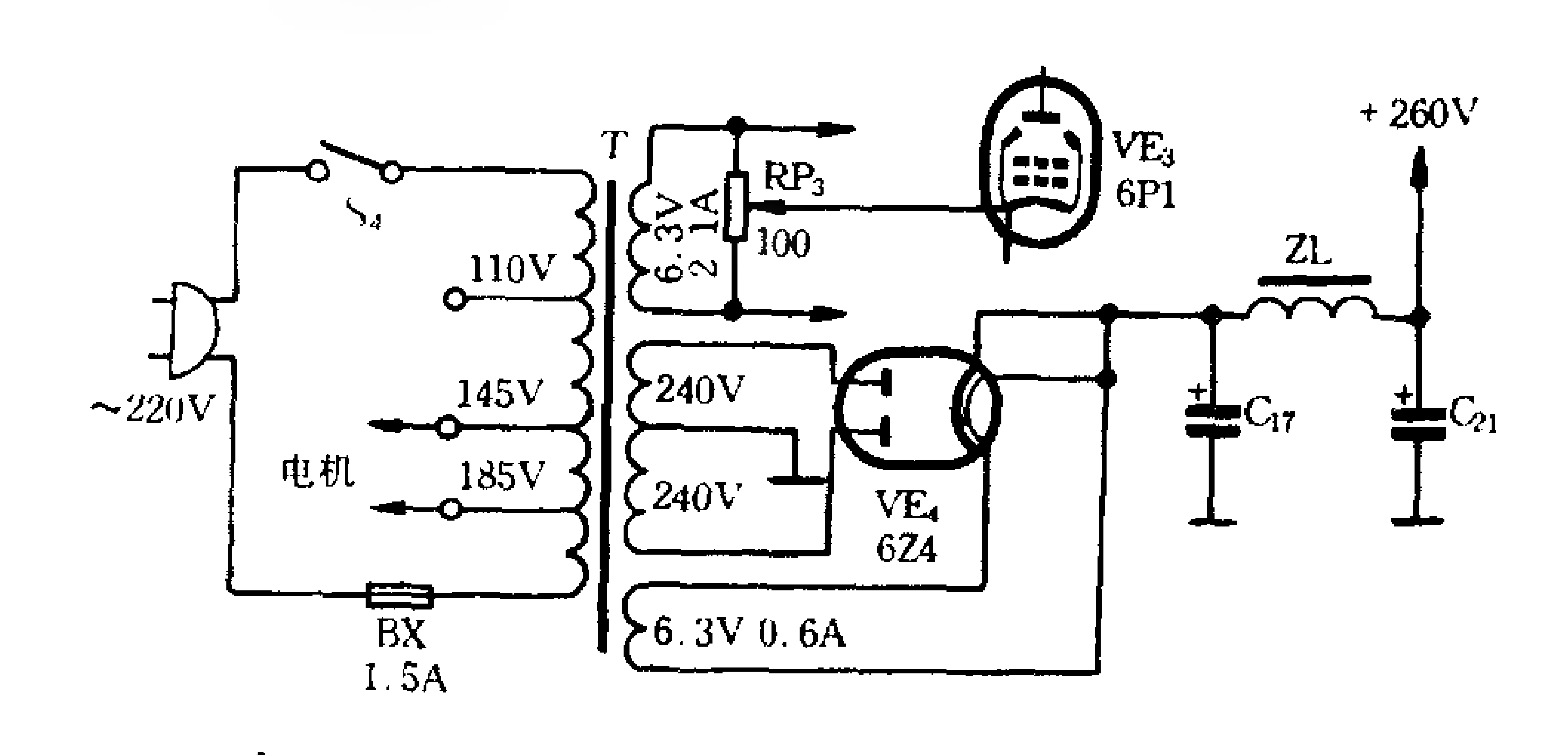
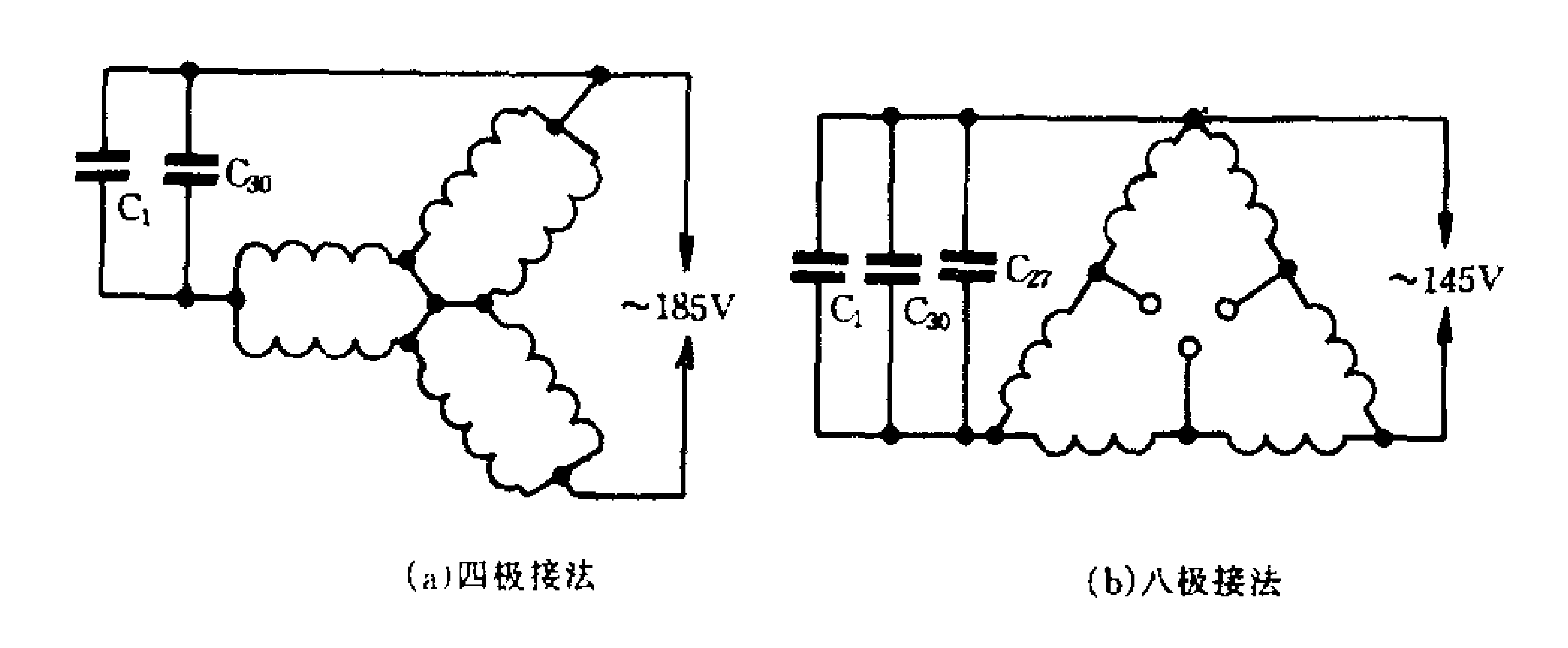


图 10－54 电源电路

另外，L－601 机走带机构使用的电动机是电容分相式交流电机。为了适应 19.05cm/s 和 9.53cm/s 两种带速，电机供电电压要有两种变换挡位，两种电压的产生是通过在电源变压器上抽头实现的。慢速电机电压为 145V，快速时电机电压为 185V。电机定子线圈慢速时为八极接法，快速时为四极接法(图 10－55)。



(a)四极接法　　(b)八极接法

图 10－55 电动机线圈接法

第四节　盒式录音机的特殊电路

一、自动电平控制电路

我们知道，晶体管外差式收音机，在输入信号强弱变化时，为了维持输出信号电平基本不变，防止强信号失真，一般都加有自动增益控制电路（AGC）。盒式录音机，特别是便携式录音机，其录音放大器的动态范围较小，所使用的磁带在强信号时也易产生饱和失真。为了使录音放大器和磁带在强信号时自动降低录音电平；弱信号时又能保持一定的录音灵敏度，通常加入自动电平控制电路（ALC）。ALC 电路一般采用降低前级增益或旁路部分输入信号的控制方式。应用最多的是旁路式 ALC 电路。图 10-56 是旁路式 ALC 电路的一种典型电路。电路是利用晶体三极管集—射间的等效内阻随基极电流变化而变化的特点，使三极管集—射间并联在录音放大器的输入端来控制其分流作用的大小。当输入信号增大时，录音电平也增大，整流二极管 VD 导通，进而使控制管 VT_2导通，集—射间等效内阻减小，对输入信号的旁路作用增大，使录音电流减小。当输入信号减小时，录音电平也减小，VT_2 的内阻增大，分流作用减小，促使录音放大器的有效增益提高，录音电流加大。这样就可把录音电流控制在一定范围内，避免了录音失真。图中电容 C 为整流后的滤波电容，输出信号通过 VD 对 C 的充电速度决定了起控时间，一般为数百毫秒。C 中电荷通过 R 及 VT_2 的基—射极放电，放电速度决定了恢复时间，一般为 20s～60s。为什么起控时间这么短，而恢复时间又那样长呢？这是因为 ALC 电路要对不断变化的录音信号进行控制。当录音信号突然增强时，若起控速度跟不上，则在起控时间内，将因录音电流过

大而产生录音失真。相反地，当录音信号突然减弱时，若恢复时间太短，则因 VT_2 立刻明显减小分流作用，突然提高了录音放大器的有效放大倍数，致使输出噪声突然增大，从而导致放音时夹杂着忽大忽小的噪音，尤其在放送这样录制的语言节目时，将在语言间歇处突然出现“喘息噪声”，给人以更加明显的感觉。当然，恢复时间过长也是不行的，那样将会失去音乐节目中原有的快速力度变化的本来面目。

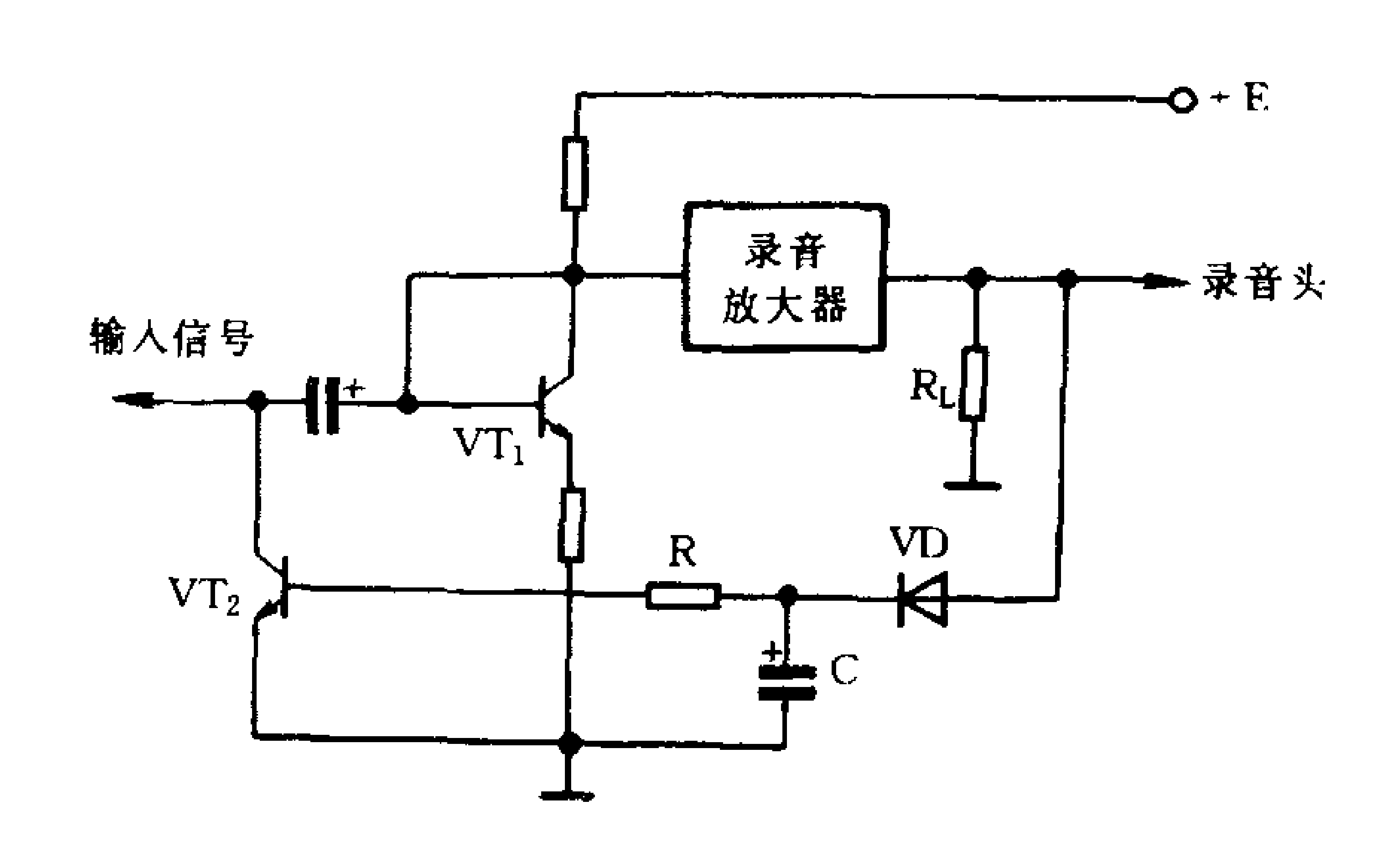


图 10－56　自动电平控制电路之一

图 10－57 是上海 L－400 型的 ALC 电路。该电路的控制原理与前述电路相同。不同的是控制管的集—射端接在前置均衡放大级之后，集—射极等效内阻与 $2R_{19}$ 和前级输出阻抗串联后的阻抗并联，起控时，将对前级的输出信号分流。VD 是由串联硅二极管组成，以便取得合适的起控电平。$2R_{54}$、$2C_{29}$、$2C_{28}$ 为整流后的滤波元件。$2C_{30}$ 是录音输出信号的耦合电容。

另一种 ALC 电路是利用二极管正向电阻随其两端所加电压增加而减小的特点，进行旁路式控制录音电平的（图 10－58）。这种电路的结构与前面介绍的电路基本相同。不同的是在控制管的发射极接入一只二极管 VD_2，VD_2 通过电容 C 并联接

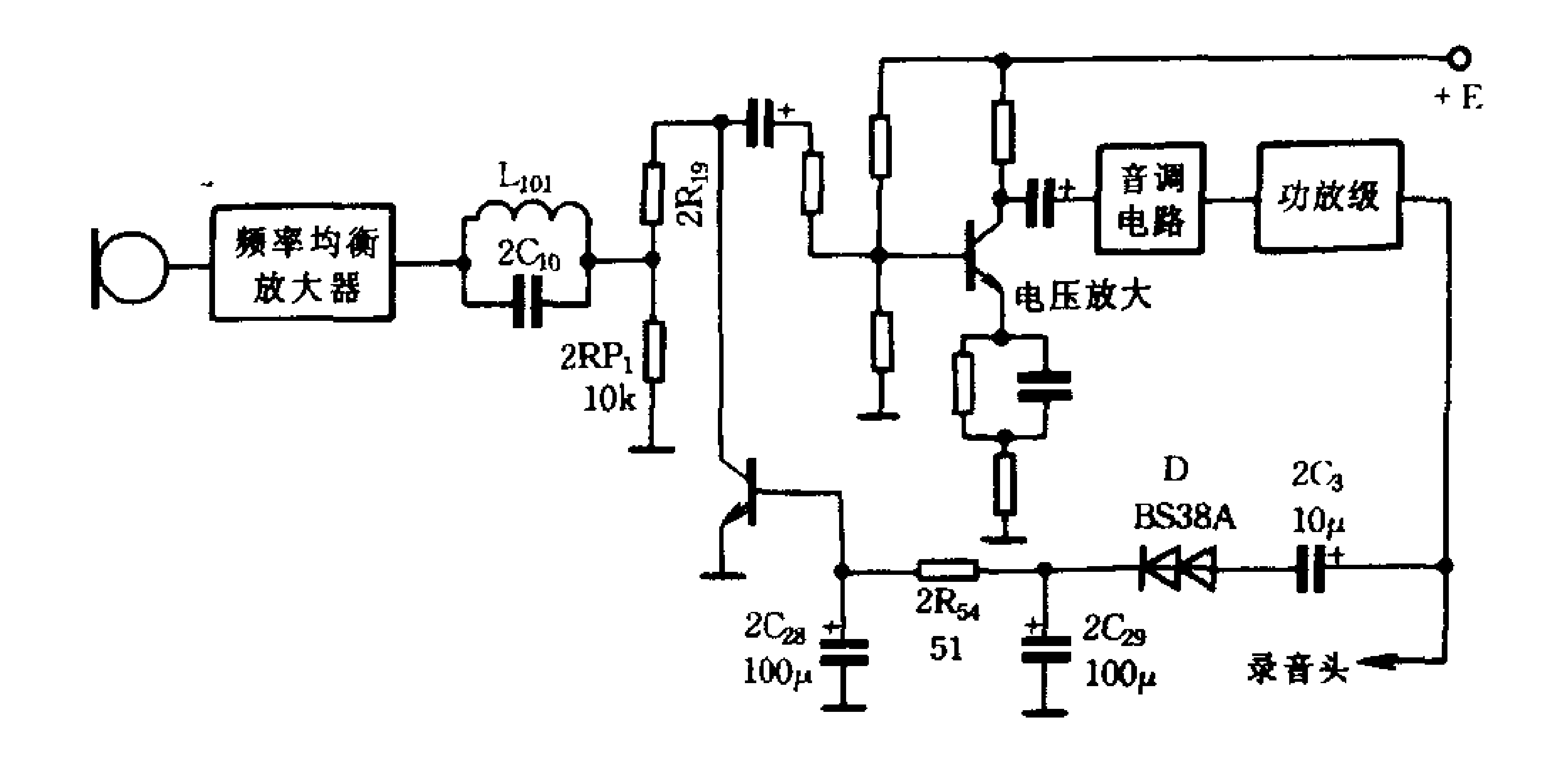


图 10－57　上海 L－400 型 ALC 电路

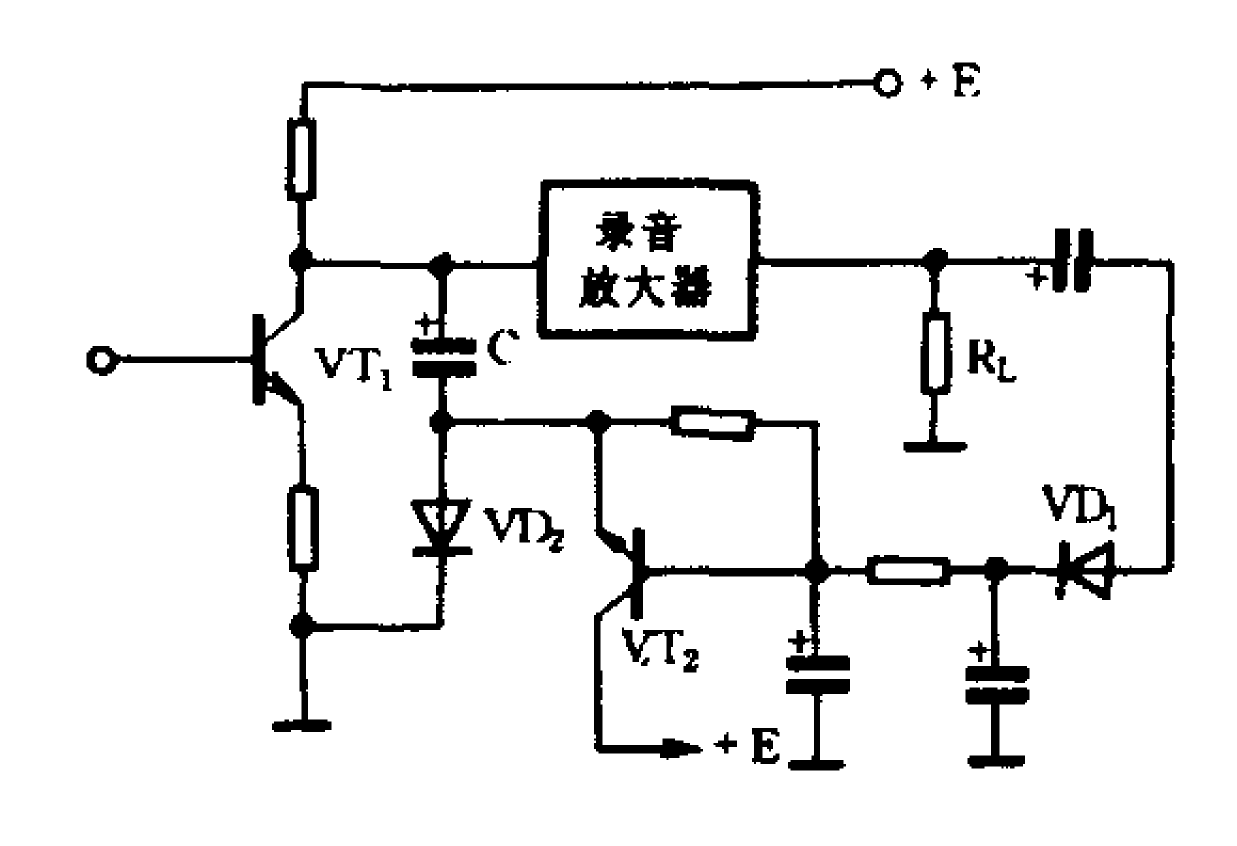


图 10－58　二极管旁路式 ALC 电路

入输入放大级的输出端。VD_2随被控管 VT 的导通而导通。录音电平增大时，VD_2的正向电阻随 VT_2发射极电流的增大而减小。信号越强VD_2的等效阻抗越小，分流作用也越大；反之，分流作用也越小。这种电路的被控管实际是射极输出器形式，其输入阻抗很高，容易获得较长的恢复时间和较强的控制深度，应用较多。

二、录、放音电平监视电路

我们知道，磁带录音时，录音电平的大小与录音质量密切相关。录音电平过大，磁带容易产生饱和失真；电平过低，信噪比又下降。为了确保录音质量，一般录音机都设有录音电平指示电路，以便取得合适的录音电平。录音电平监视电路主要有指示平均值的电平表(VU 表)监视电路和发光二极管峰值电平监视电路两种。

1. 电平表录音电平指示电路

图 10-59 是典型的电平表指示电路。图中，VD 为录音输出信号整流二极管，R 是限流电阻。录音时，由功率放大器输出的录音信号经二极管 VD 整流，电容 C 滤波后，再通过限流电阻送到电平表的动圈，驱动指针指示。调整限流电阻 R 可以改变电表的灵敏度，从而校准表盘刻度的电平值。盒式机的电平表头灵敏度一般取 250μA 左右。

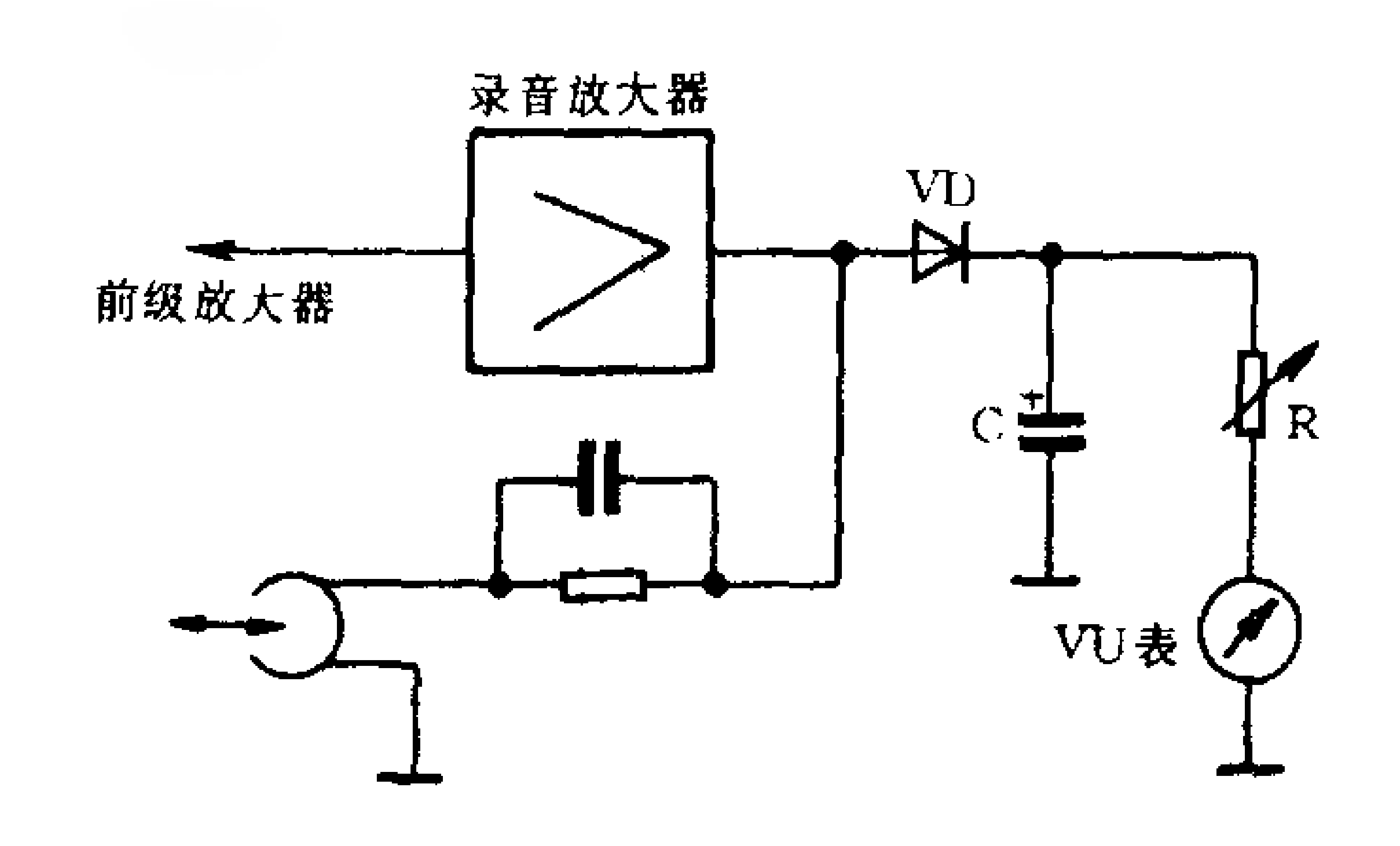


图 10-59 VU 表录音电平指示电路

在立体声录音机中，通常左右声道各有独立的电平表，分别指示左、右声道的录音电平。图 10-60 是一种立体声录音机电

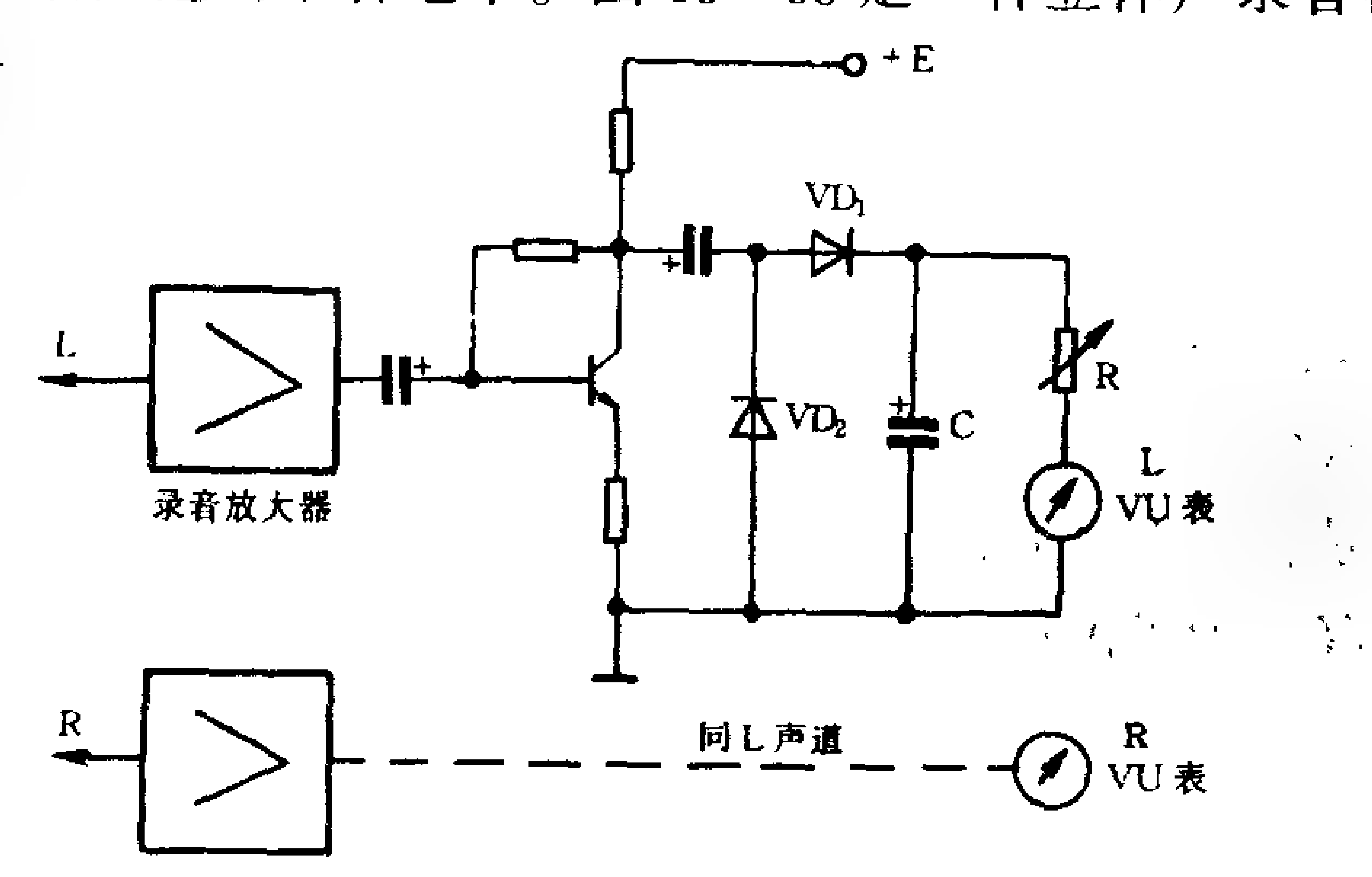


图 10-60 一种立体声录音电平指示电路

平指示电路。左右声道电路完全相同。与前面介绍的电路不同的是，电路由 VD_1、VD_2 两只二极管组成全波整流电路，有利于提高电表指示的灵敏度。

录音电平表通常还兼作放音音量指示和电源电压指示，在收录机中有的还兼作调谐指示，各项功能通过转换开关转换。由于电路十分简单，这里不另介绍。

2. 发光二极管电平指示电路

动圈式电平表指针反应速度慢、惰性大，不能准确指示信号的峰值电平。而发光二极管对瞬变信号反应灵敏，可以指示信号的峰值电平，应用日益广泛。

发光二极管(LED)电平表实际由数个发光二极管排列组成。每个发光二极管分别指示不同的电平。发光二极管的点燃由驱动电路完成。图 10－61 是一种 LED 电平表电路。当输入信号经 VD_1、VD_2 整流后的直流电压等于或大于 VT_1 的导通电压时($V_A \geq 0.7V$)，VT_1 导通，LED_1 点亮。当 $V_A \geq 1.4V$ 时，VD_3、VT_2 导通，LED_2 点亮。同理，V_A 每增加 0.7V，就有一只发光二极管点亮。$V_A \geq 3.5V$ 时，五只发光二极管全部点亮。电平值每隔 0.7V 为一段，成比例增加，因此适于放音音量指示、电池电压指示和调谐指示。这种电路目前已集成化。国产集成电路

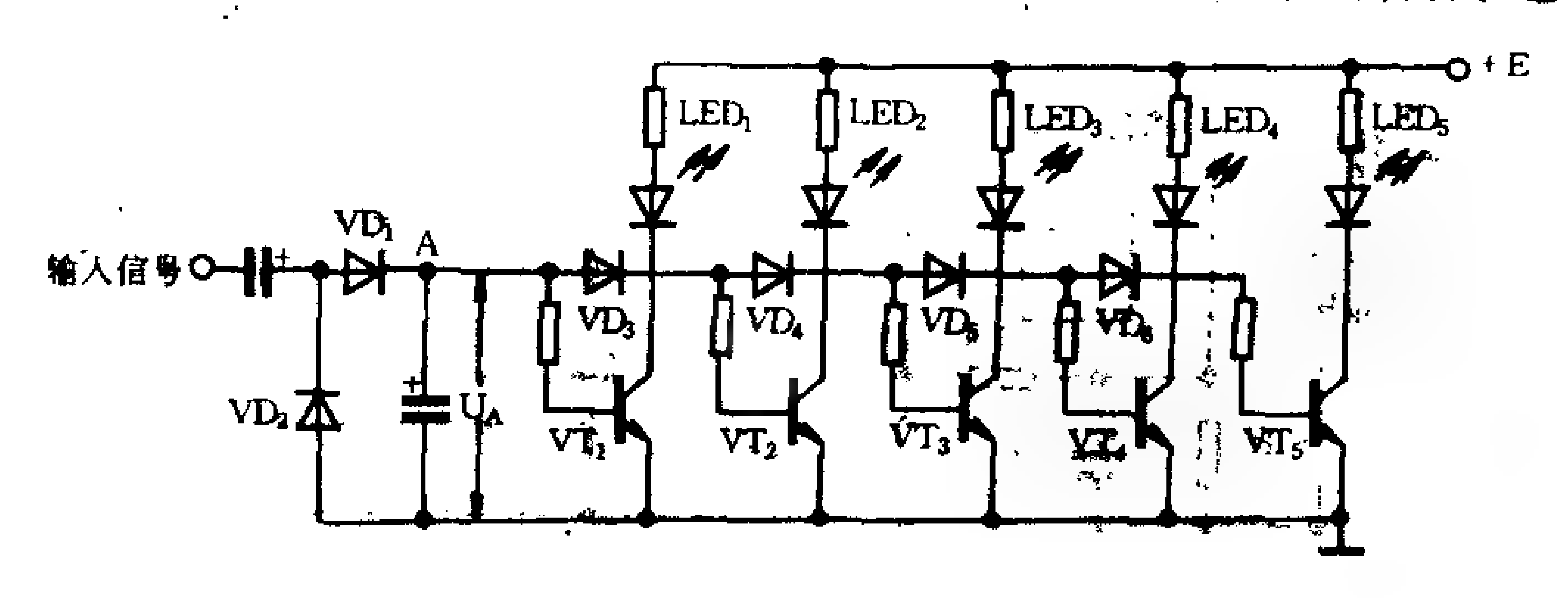


图 10－61　发光二极管电平表

SL320、SL322、SL323 就 LED 驱动器的专用电路，电路连接十分简单。

在一些高档录音机中，通常使用按分贝值刻度的 LED 电平表，其驱动电路采用专用的集成电路。图 10－62 是用 LB1405 集成块作驱动器的 LED 电平表电路。这种电路不需要另接整流滤波电路，输入信号通过耦合电容直接送到集成电路的输入端。集成电路内部由差分放大器、电压比较器和基准电压分压电路等部分组成。每个发光二极管由一个比较器驱动。比较器有正、负两个输入端；正端输入随信号大小变化而变化的直流电压，负端输入基准电压。当正端输入电压达到基准电压时，比较器工作，接通恒流电路，使发光二极管发光。由于各段基准电压的分压电阻是按每只 LED 管所需指示的电平分贝值调定的，每段发光二极管可以准确表示输入信号的电平值。LB1405 的五段，分别指示－10、－3、0、＋3、＋6dB。段数越多，刻度越细，电平指示也越准确。图 10－62 中外电路的电位器 RP 用来调整 0dB LED 的指示电平，C_2、R_1分别为正向电压电路的滤波电容和

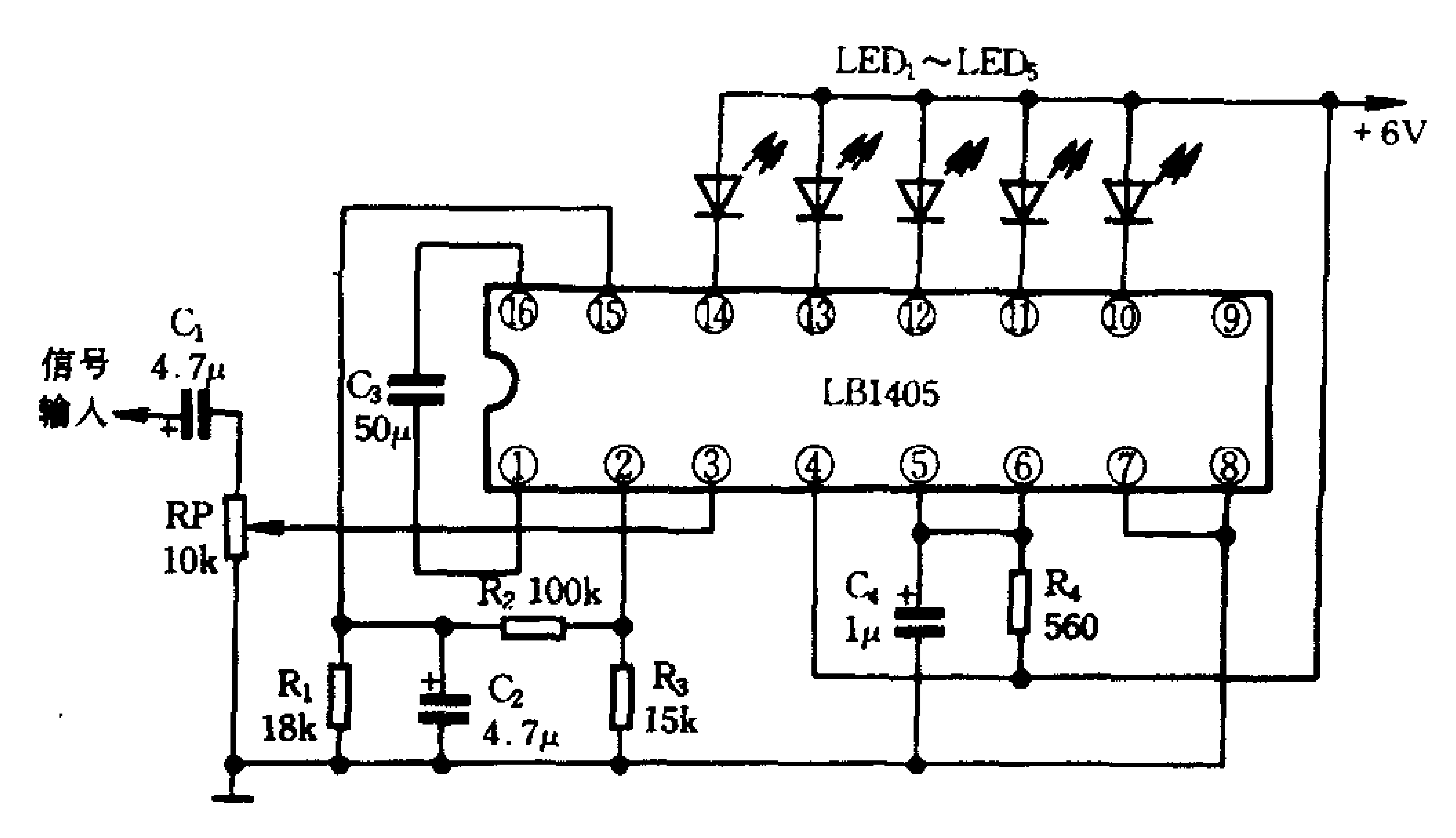


图 10－62　集成 LED 电平表

负载电阻，C_4、R_4分别是基准电压电路的滤波电容和降压电阻，R_2、R_3是内部差分放大器的外接负反馈电阻，C_3是抑制电路自激的消振电容，VD_1 ~ VD_5为外接发光二极管。

集成 LED 电平表也可作直流电平表使用。录音机常用来兼作电池电压和收音调谐指示。

三、磁带选择电路

中、高档盒式立体声录音机一般都设有磁带选择开关。在使用不同类型磁带时，磁带可以获得所需要的偏磁电流和频率补偿。磁带选择开关的挡位通常有普通带（Normal）、铁铬带（Fe-Cr）、二氧化铬带（CrO_2）三挡。为了适应不同类型磁带，在录放音放大器中，铁铬带和铬带的频率补偿网络的放音补偿时间常数应取 $\tau = 70\mu s$，普通带为 $\tau = 120\mu s$，两套网络用选择开关转换。图 10－63 是一种带有磁带选择开关的频率均衡放大器。图中 R_3、R_1、C_1 组成普通带的放音补偿网络，R_3、C_2、R_2组成铁铬带和铬带的放音补偿网络。S_1为选择开关。录音时的频率补偿，可以通过开关选择不同的恒流电阻（R_4、R_5）来获得所需的频

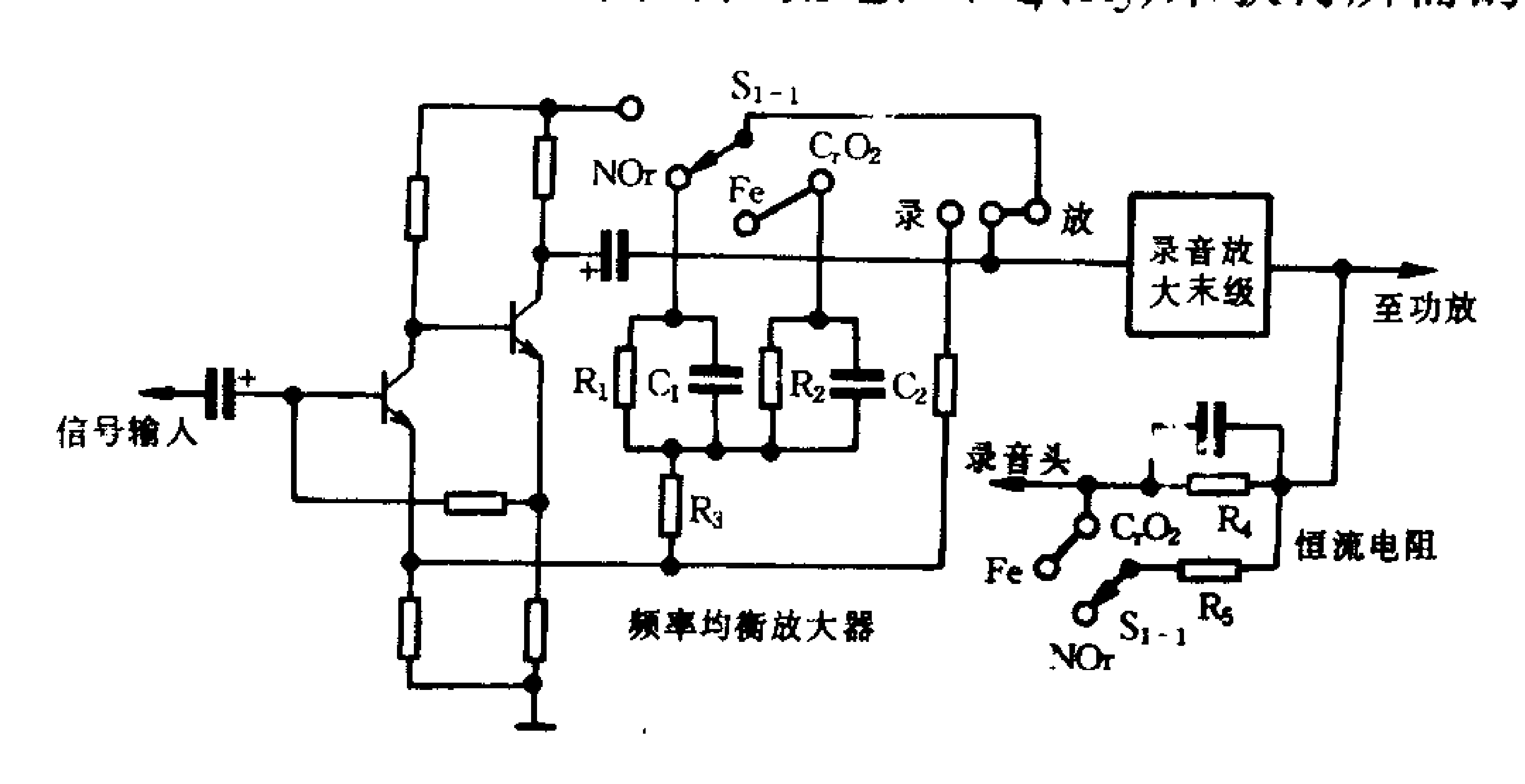


图 10－63　带磁带选择的录放音补偿电路

率提升。

录音磁头偏磁电流的改变有两种方法。图 10－64 是改变偏磁振荡电路的供电电压来实现调整偏磁大小的电路。图中 R_1、R_2、R_3是降压电阻。降压电阻的选择由开关 S 转换。降压电阻越小，振荡器的实际工作电压越高，输出的偏磁电流越大。调整各挡降压电阻，可以使不同类型磁带获得所需的偏磁电流。

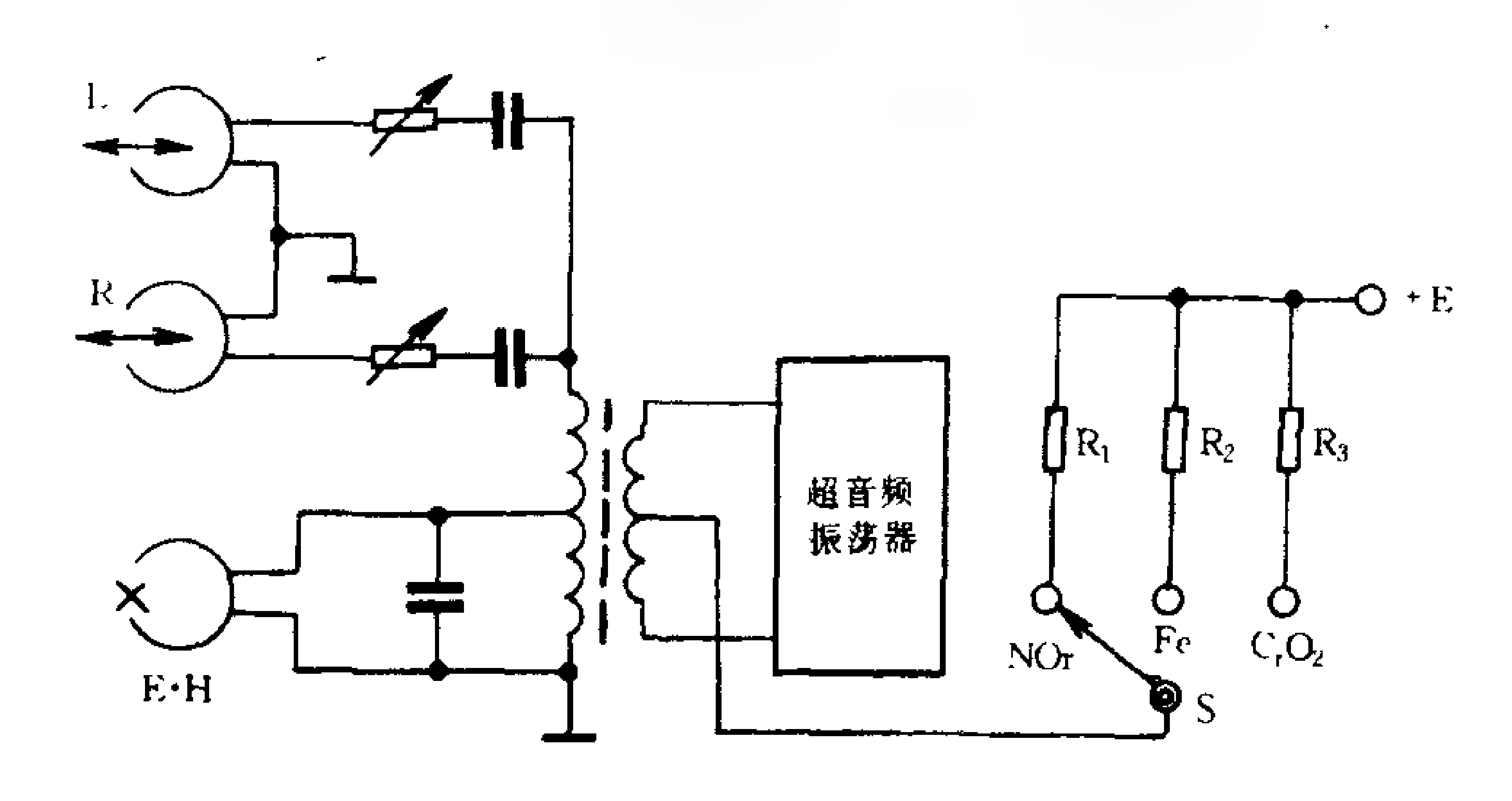


图 10－64　用降低电阻改变偏磁大小

另外一种方法是改变偏磁输出电路中的电容来调整偏磁电流。电容越大，偏磁电流越大。图 10－65 是这种电路的示意图。

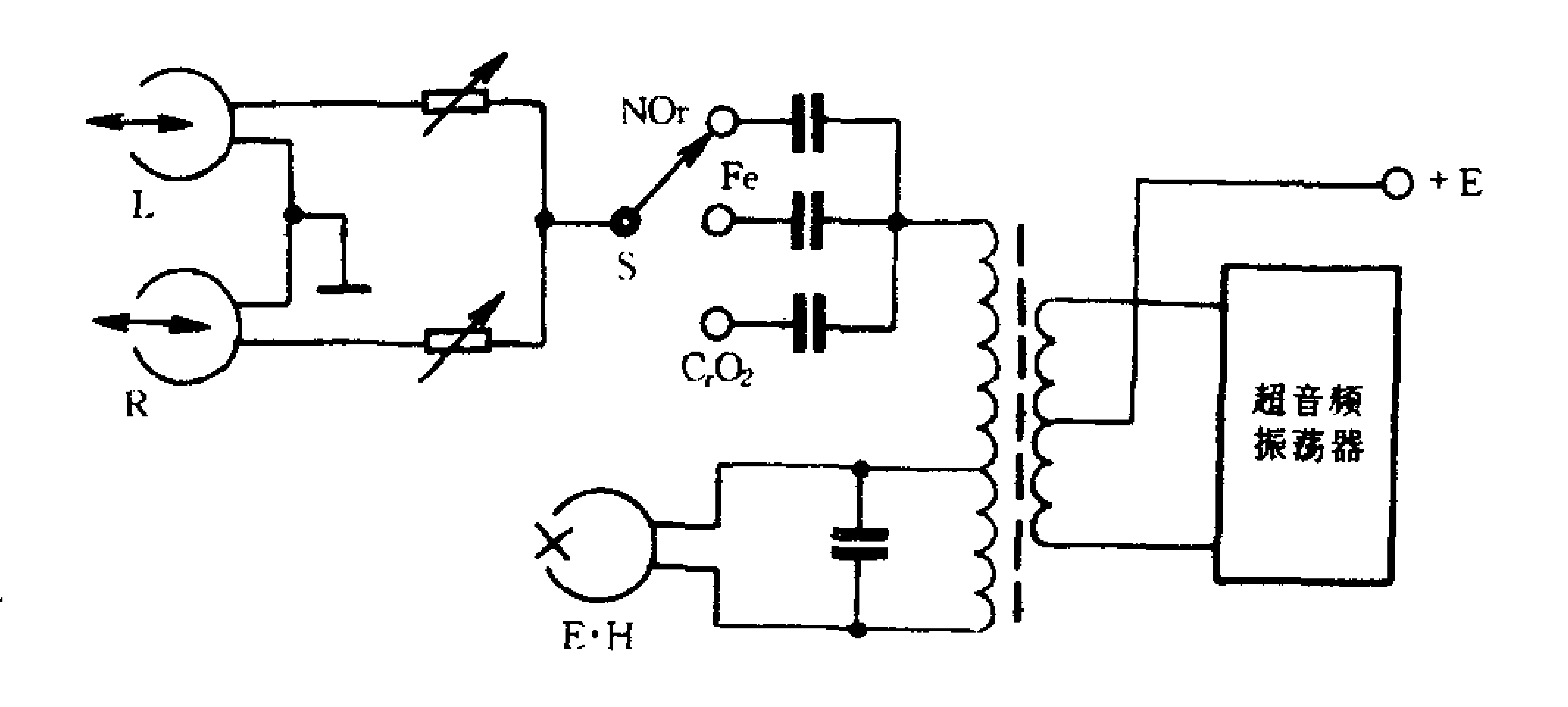


图 10－65　改变电容调整偏磁大小

频率均衡网络与偏磁电流的选择开关是同一个多刀多掷开关。录放音使用不同类型磁带时,可以自动同步转换。

四、声像展宽电路

便携式立体声盒式录音机受机箱体积的限制,左、右声道扬声器的距离较小,聆听时只有贴近录音机才有较强的立体感,稍远一些就会感到声像面很窄,立体声效果不明显。这是因为不管左、右扬声器发出的声响多么富于变化,聆听者所感觉的“声音舞台”不会宽过左、右扬声器间的距离。爱好者可以做如下的实验:用一台立体声录音机放音,我们在录音机的正前方聆听,在逐级增加音量的同时,自左至右、自右至左反复缓慢旋动平衡旋钮,可以发现,音量不管开多大,声像只在左右扬声器之间移动,而不会超越扬声器的外侧。因此,要想增宽“声音舞台”的宽度,只有通过外接音箱来拉开左、右扬声器的距离。在没有外接音箱的情况下,采用声像展宽的办法,可以改善立体声收听效果。实验和理论计算表明,当我们把左、右声道信号各取出一部分,反相串入相对声道时,每一个声道除了本路的主信号外又反相加入了另一声道的部分信号。这时,我们会感到,声音不再局限在左、右扬声器之间,而部分音响发自左、右扬声器的外侧,声像展宽了(图 10－66)。左、右声道相互串入的信号频率一般取 200Hz～2000Hz 之间,这一段是人们对声像定位最敏锐的频率,也是音乐节目声功率比较集中的频段,而对其它频率,人们的声像定位感觉迟钝,在展宽电路中加以滤除。这样做有利于减小展宽后的频率失真。

图 10－67 是立体声声像展宽电路的典型电路。展宽电路由 VT_1(VT_2)及相关元件组成双端输出相位分割放大器。放大

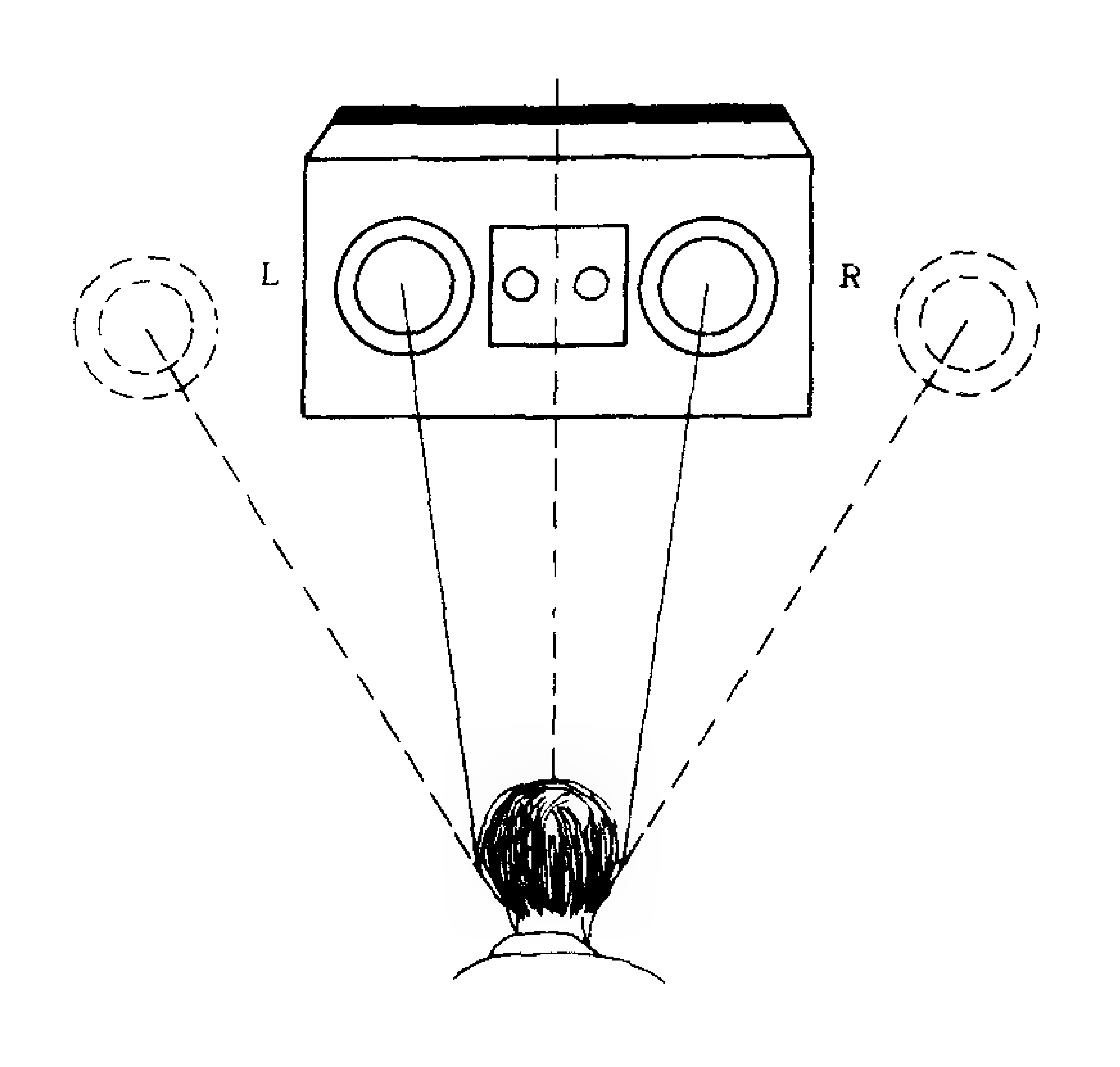


图 10-66 声像展宽的效果

器利用共发射极电路射极输出信号与基极输入信号同相，集电极输出信号与基极输入信号反相的特点，取出主信号和反相串音信号。左(右)路主信号由 VT_1(VT_2)射极输出，经 R_5(R_5')、C_2(C_2')和音量电位器 RP(RP')、耦合电容 C_5(C_5')送给主放大器放大；同时，右(左)通道的 VT_2(VT_1)集电极输出的反相信号，经 R_4'(R_4)、C_3'(C_3)、R_6'(R_6)、C_4'(C_4)滤除不需要的高、低音频，将 200~2000Hz 左右的信号串入左(右)声道的主放大器，完成左、右声道的串音过程。图中 S_{1-1}，S_{1-2}为立体声展宽，普通立体声及单声道的转换开关。普通立体声挡，展宽电路的串音信号没有接入；单声道时是将左右路输出信号混合，以 R_L为公共负载电阻。

五、自动选曲电路简介

在放送一盘磁带音乐节目时，为了随意选听我们喜爱的曲

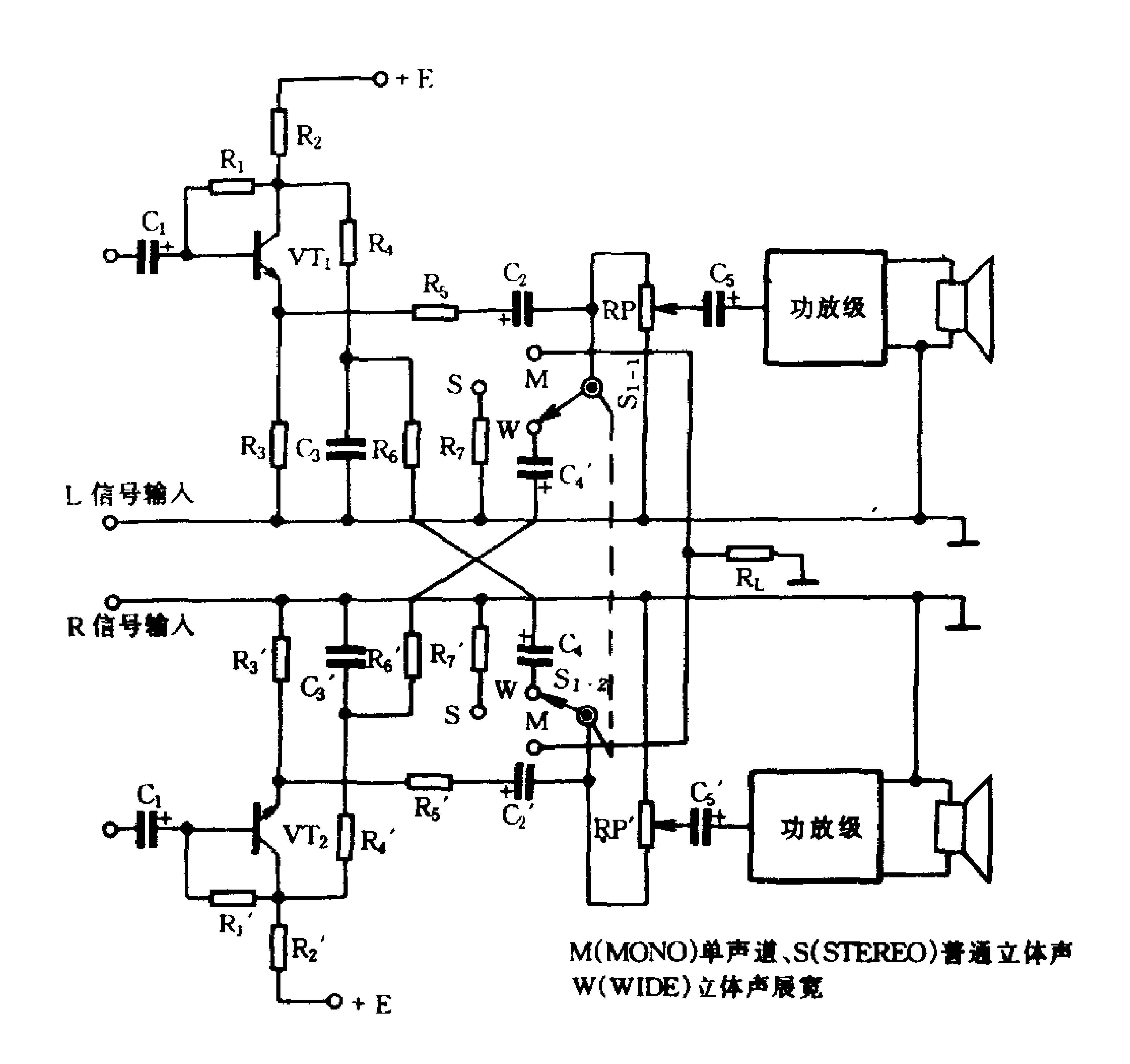


图 10-67　立体声声像展宽电路

子而不必反复操作，逐段寻找，通常要使用带有自动选曲装置的录音机。自动选曲系统，有 APSS、APLD、AMSS、DRPS 等多种，其基本工作原理是相同的。

图 10-68 是自动选曲电路的方框图。其工作过程如下：在放音过程中，按下快进选曲或快退选曲键，这时磁头、磁带脱离紧贴状态而处于轻贴微触状态，磁头仍可以检拾快进磁带中的音频信号。这个信号就作为自动选曲电路的检索信号。音乐磁带的曲目之间都留有 4s～5s 的间歇，因此选曲电路具有有信号输入和无信号输入两种工作状态。有检索信号输入时，信号经放大器放大和整形电路整形后，输出脉冲开关信号去控制斯密

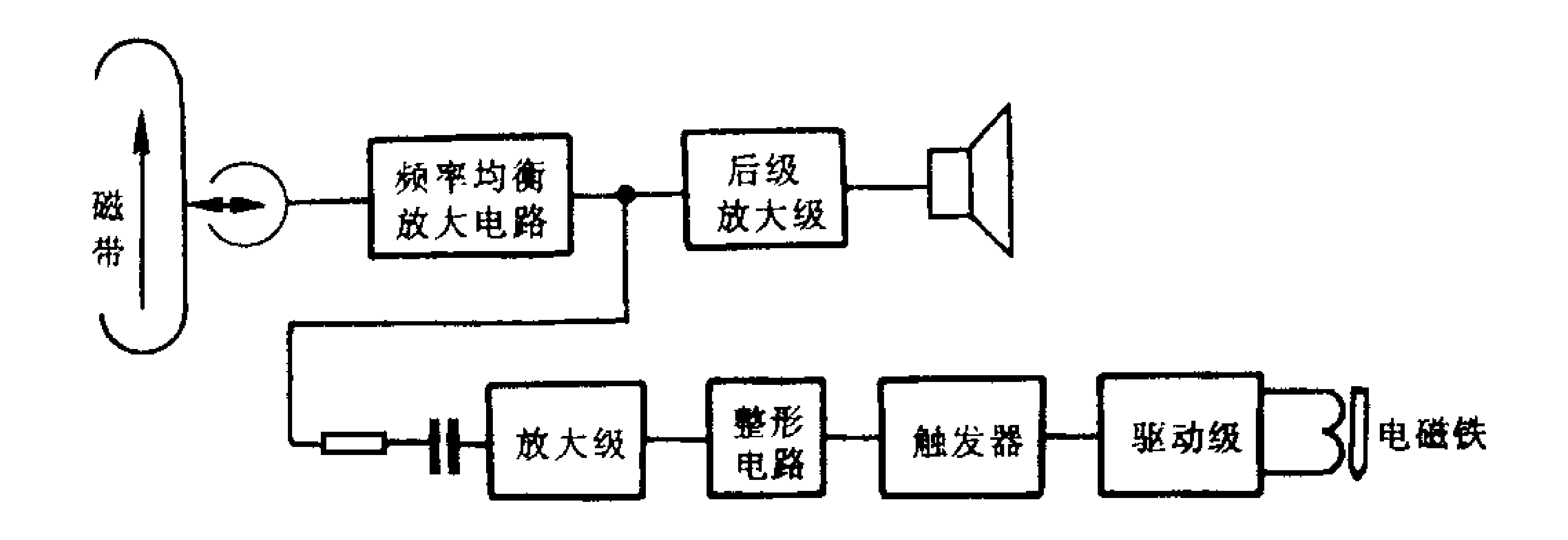


图 10－68　自动选曲电路方框图

特触发器的导通和截止，进而控制驱动器的工作状态。驱动器的负载是一个电磁铁。当选曲电路无信号输入时，电磁铁吸动机芯的联锁装置，使快进或快退选曲键复位，磁头紧贴磁带，恢复放音状态，选定的曲子开始放音。图 10－69 是 APSS 自动选曲电路的电路图。图中集成电路 IC 为放大级，VT_1 组成整形放大级、VT_2、VT_3 组成斯密特触发器，VT_4、VT_5 和电磁铁构成驱动级。检索信号经缓冲级放大后，送给 IC 放大到 0.7V 以上，再送到处于零偏置状态的 VT_1。VT_1 只在信号的负半周时导通而从集电极输出正脉冲信号。这一信号对 C 充电并使 VT_2 导通，VT_3 截止，驱动级不能获得激励信号而截止，电磁铁不工作。当磁带出现曲间间歇时，自动选曲电路无检索信号输入，VT_1 截止，C 的充电电压对 R 放电，只要间歇时间大于放电时间（$t = RC$），斯密特触发器就翻转，VT_3 由截止状态变为导通，其集电极输出一个负脉冲使 VT_4 导通，VT_5 集电极电流流过电磁铁线圈，电磁铁驱动机芯联锁装置使选曲键复位，选定的曲子开始放音。

有些选曲电路还带有闪动的灯光指示电路。电路由多谐振荡器和发光二极管组成。指示电路的电源开关由快进或快退选曲键控制。

上述电路只能对磁带节目中相邻的曲子进行自动选曲，如

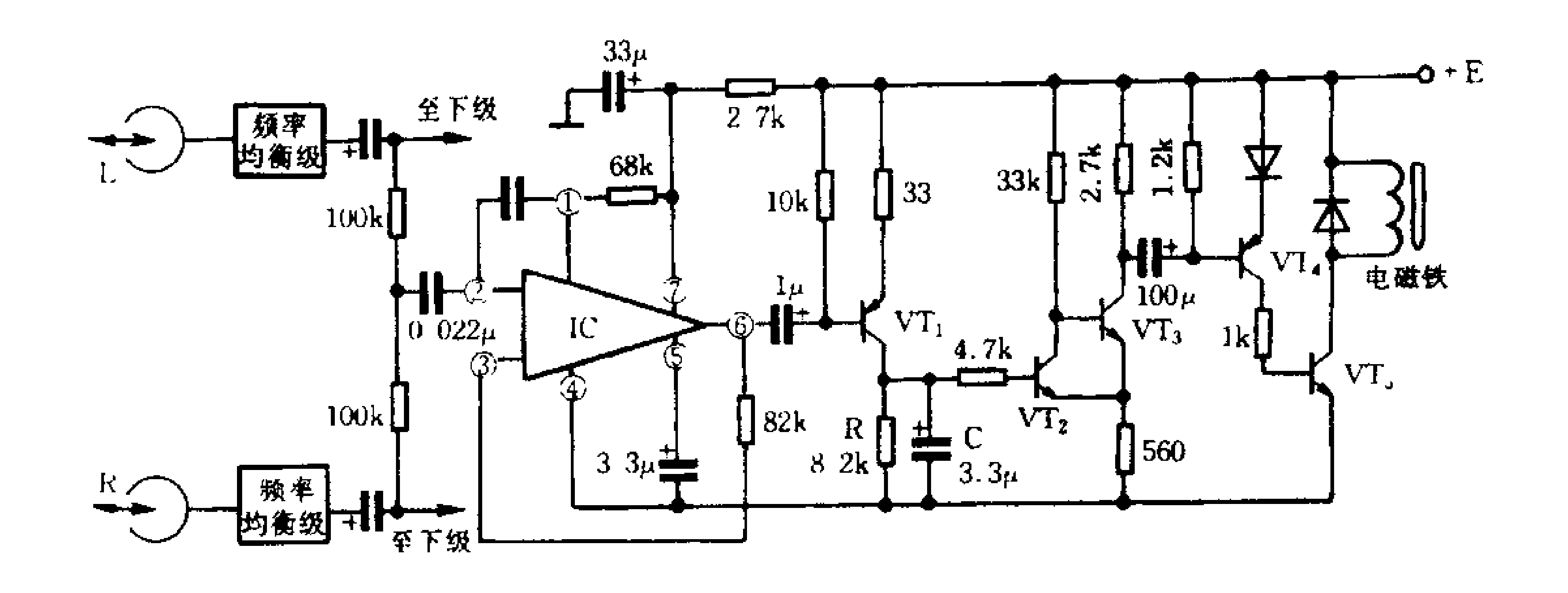


图 10－69 APSS 选曲电路

果需要跳过几支曲子，必须反复按动选曲键才行。具有电脑功能的自动选曲装置可以在一面磁带中自动选出我们喜爱的任一支曲子。这种电路是在上面介绍的基本电路的基础上，增加一个计数、记忆和比较电路。记忆电路多为集成电路，电路的连接十分简便、这里不作介绍。

六、走带全自停电路

一般录音机在放音或录音过程中，只有当磁带走到尽头时，才能自动停机。而快进、倒带及出现轧带时录音机均不能自停，这时如果操作不及时，会使电机负荷加重，走带机构传动部分增加磨损，影响电机及机芯使用寿命。在中、高档录音机中常采用走带全自停机构，录音、放音、倒带、快进、轧带均可自动停机。走带全自停机构分为机械控制和电子控制两种。这里主要介绍性能可靠的电子控制电路。图 10－70 是电子走带全自停电路的方框图。走带全自停电路工作原理与自动选曲工作原理有相同之处。其控制信号多由机－电转换产生。采用干簧管及霍尔元件拾取电信号的磁控方法，应用最多。机－电转换机构通常由与卷带轴连动的多极性圆形磁钢等构成。录放音走带、倒带、

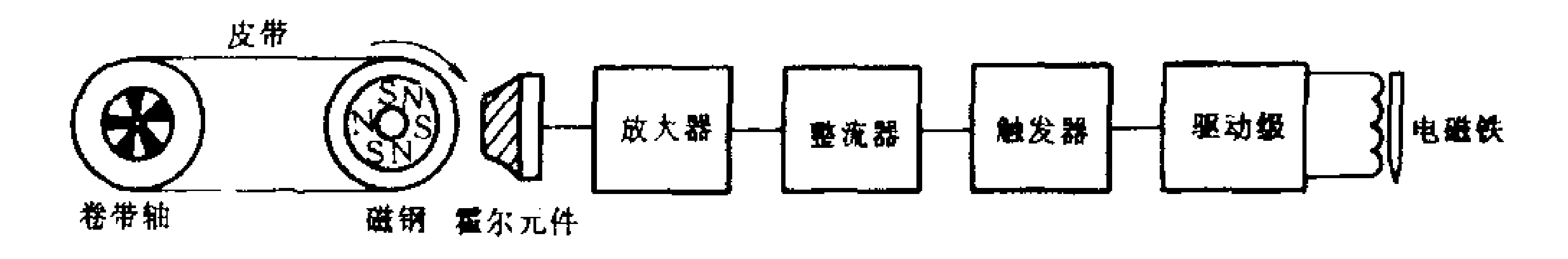


图 10－70　走带全自停电路方框图

快进时，卷带轴带动磁钢转动产生变化磁场，置于磁钢旁边的磁控元件检拾到周期变化的脉冲信号，经放大、整流，输出直流信号控制触发器和驱动器工作。驱动器的负载也是电磁铁，电磁铁工作时，吸动机芯联锁装置使各功能键复位而停机。图 10－71 是一种走带全自停电路。图中"H·IC"为霍尔集成电路，电路由霍尔元件和放大器组成。霍尔元件的特性是当外界磁场方向周期性变化时，会产生与外界磁场变化相同的交变电压。走带时，卷带轴连同磁钢转动产生的交变磁场被"H·IC"检拾放大，由③脚输出一个电脉冲信号，经 VT_1 放大，VD_1、VD_2 倍压检波，产生一个直流电压，经限流电限 R_7 加到 VT_2 的基极，使 VT_2 处于饱和状态。这时 VT_2 集电极电阻很大，集电极电压仅有 0.2V 左右，不足使 VT_3 导通，驱动器不工作。当走带停止，卷带轴与磁钢停转，交变磁场变为恒定磁场，"H·IC"③脚只有直流电压输出，由于 C_1、C_2 的隔直流作用，VT_1 无信号输入。这时，C_4 放电，使 VT_2 由饱和状态变为

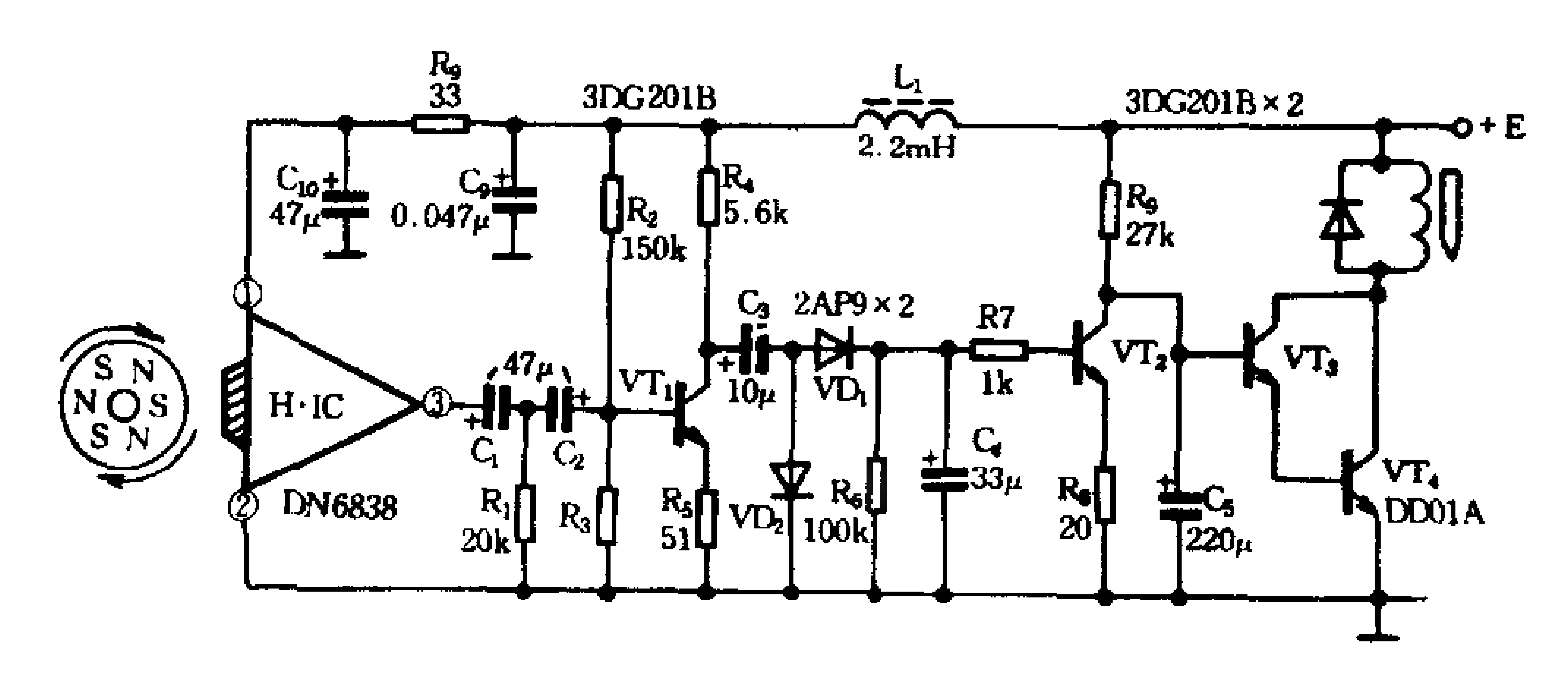


图 10－71　走带全自停电路（红灯 2YZ1000）

截止,其集电极电压上升。当电压达到 VT_3、VT_4 的导通电压时,驱动器工作,带动电磁铁完成停机动作。

七、直流电机电子稳速电路

图 10-72 是一种常用的直流电机电子稳速电路。

我们知道,电机转速与电机两端所加的电压成正比,而电机转子线圈的反电动势的大小也与转速成正比。当电机因供电电压及负载转矩发生变化而使转速变化时,电机转子线圈的反电动势也随之变化。利用反电动势与电机电流大小成反比的特点,通过取样电阻两端电压的变化去控制放大电路调整管的输出电流,达到控制转速的目的。图中 R_6 为取样电阻,VT_1 为电压放大管,VT_2 为调整管。当转速降低时,电机转子线圈的反电动势减小,电机电流增大,R_6 两端的压降增大,A 点电位升高。这一变化电压通过二极管 VD 加到 VT_1 的射极,使 VT_1 的集电极电流增大,VT_2 的集电极电流也随之增大。VT_2 的集—射极是与电机串联的,VT_2 集电极电流增大后,其内阻减小,电机两端电压升高,转速加快。反之,转速减慢。

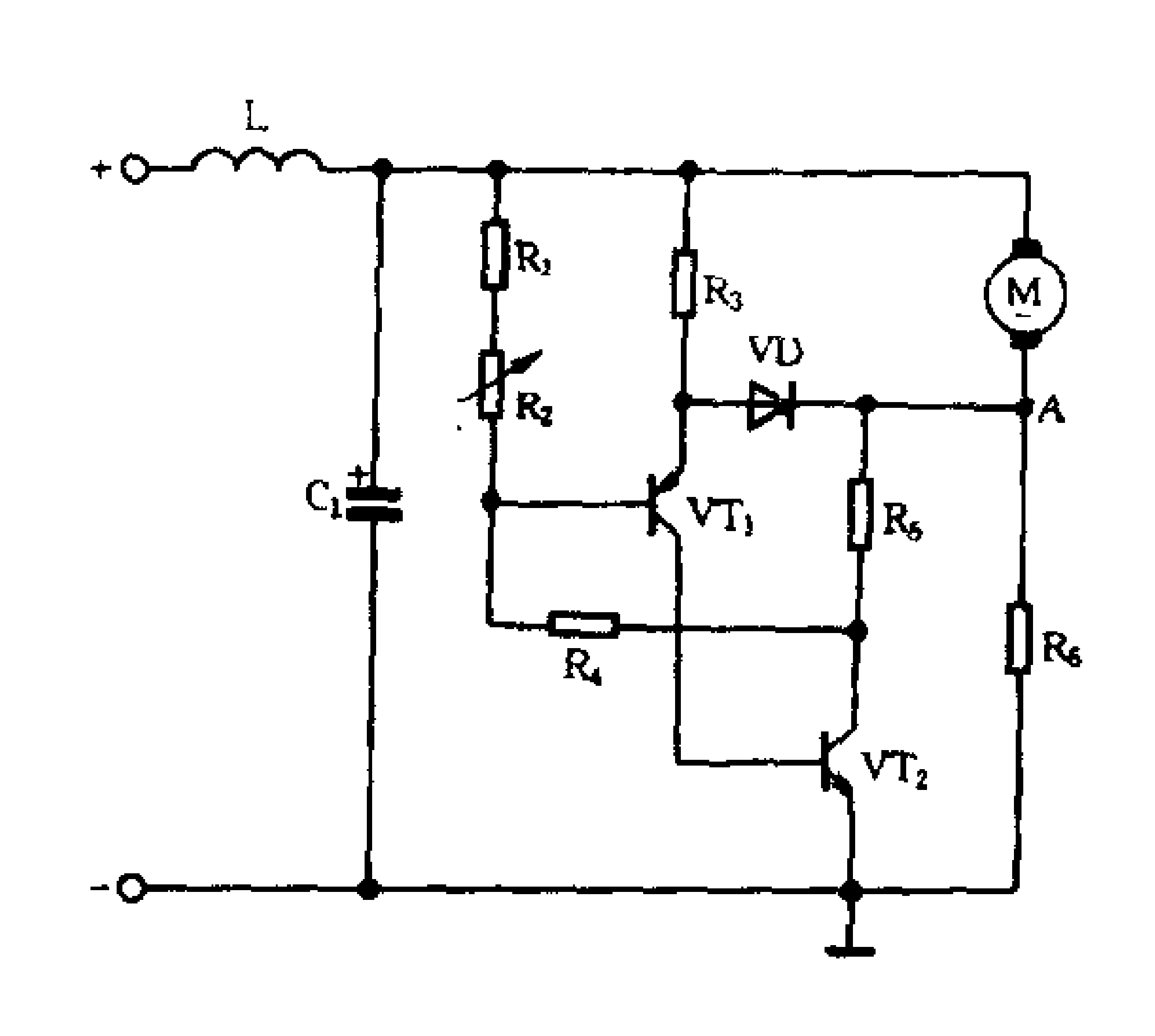


图 10-72 直流电机电子稳速电路

二极管 VD 的作用是把 A 点的电位变化传输给 VT_1 的发射极。由于二极管动态电阻小,对控制电压衰减小,同时 VD 还有抗干扰作用,电源电压中的干扰电压使 A 点电位上升时,VD 将截止,可避免控制电路失控。图中的 R_3 为 VT_1 的射极电阻,起直流负反馈作用。R_4 是稳定 VT_1、VT_2 的负反馈电阻。R_5 为

VT_2的集电极阻流电阻。L是防止电机火花干扰的扼流圈，C_1为滤波电容。调整R_2可以微调转速。

八、几种开关

1. 录音监听开关

录音时，为了监听录音信号的质量，可以利用监听开关接通扬声器或耳机进行监听。图10－73是普及型录音机的监听电路。图中，S_{1-1}和S_{1-2}为监听开关。开关拨向下方，部分录音信号通过限流电阻R_1与扬声器接通。不需要监听时，开关拨向上方，R_1和扬声器断开。负载电阻R_2接通，以保证录音放大器的负载在扬声器断开时不变。当用话筒录音时，为了避免扬声器与话筒之间的反馈啸叫，一般用耳机来监听。立体声录音机，通常都设有耳机收听插口，必要时，可兼作监听用。

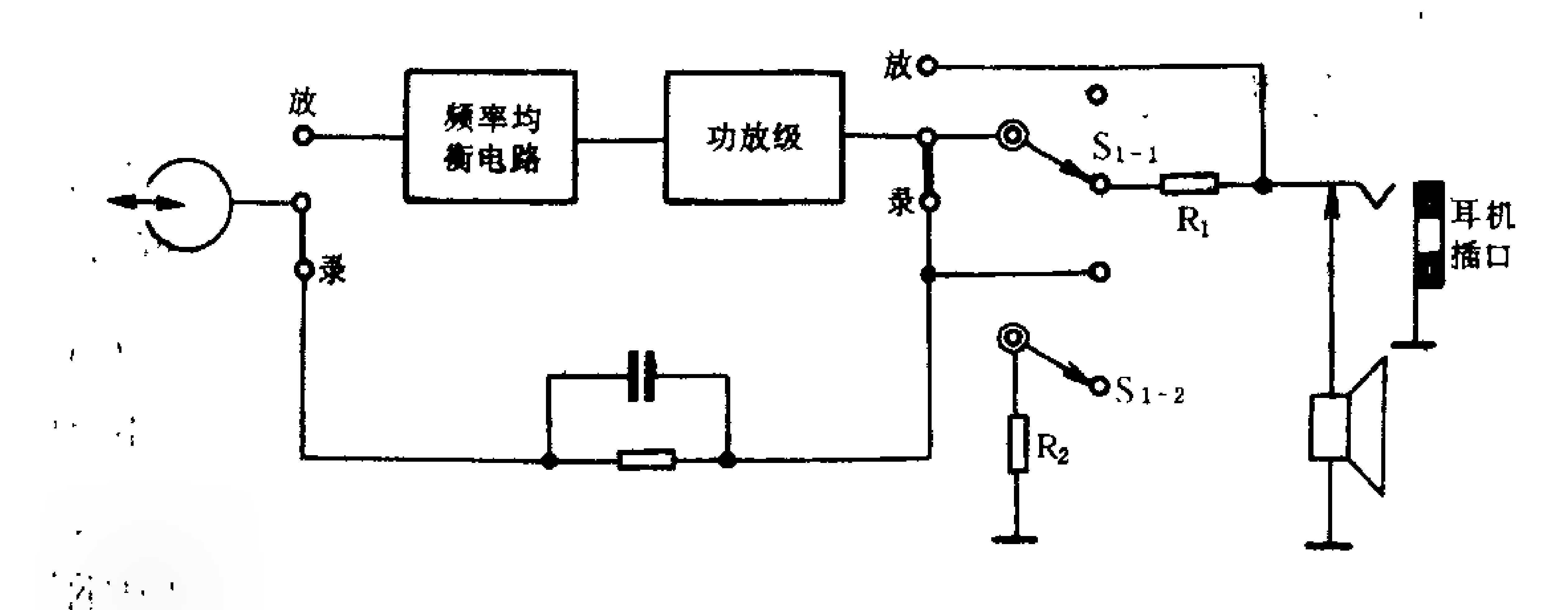


图10－73　录音监听开关

2. 差拍消除开关

使用交流偏磁的收录两用机，一般都设有差拍消除开关。偏磁电路产生的超音频信号频率较高，其高次谐波容易窜入收音电路。收听中波电台时，谐波信号与电台信号可能产生差拍叫声；录制电台节目时，差拍叫声会同时被录入磁带，影响放音效果。图10－74是一种差拍消除电路。在超音频振荡电路的

谐振回路上设一差拍开关 S。S 接通时，电容 C_1 与 C_2 并联，谐振频率降低，差拍频率升高，避开可听频率，犹如消除了差拍干扰。

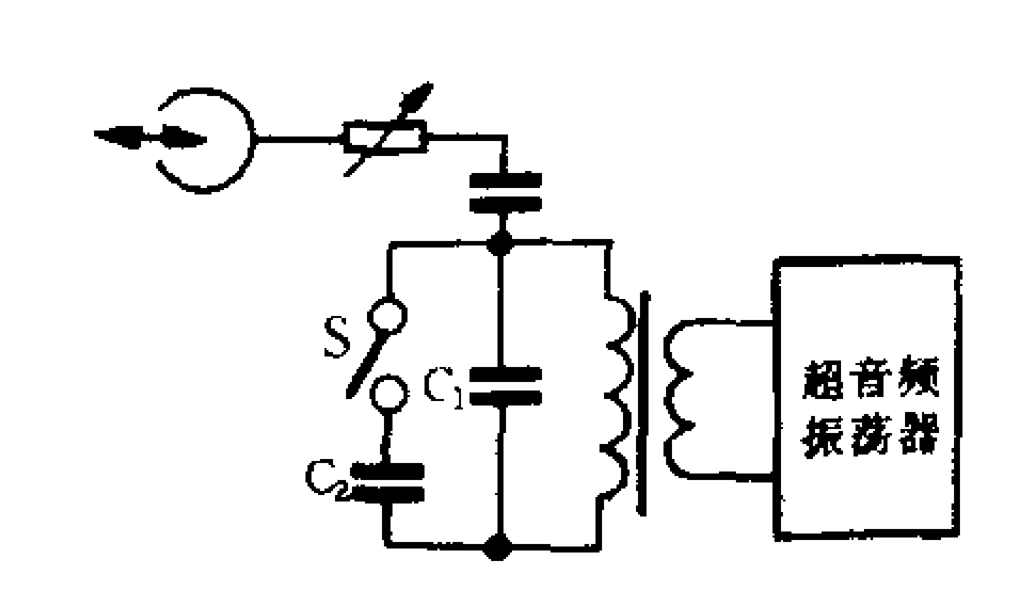


图 10－74　差拍消除开关

3．睡眠定时开关

所谓睡眠定时是指睡前收听广播，收录机可以定时自动关机而不必担心睡着了忘记关机。图 10－75 是睡眠定时开关的连接示意图。S_{1-1}、S_{1-2}、S_{1-3}为睡眠定时、收音、放音转换开关。放音时，S_{1-1}使录放音前置放大器与功放电路连接，S_{1-2}与机芯开关连通，按下放音键，机芯开关闭合，电路及电机电源接通，走带放音。收音时，S_{1-1}使收音电路与功放电路连通，S_{1-2}、S_{1-3}分别使放音电路和收音电路电源接通。睡眠定时时，S_{1-2}与机芯开关接通，S_{1-1}、S_{1-3}仍保持收音状态而电源并未接通，只有按下放音键，才能收音。这时，我们放入一盘磁带，利用录音机走带自停装置，使磁带走带完了

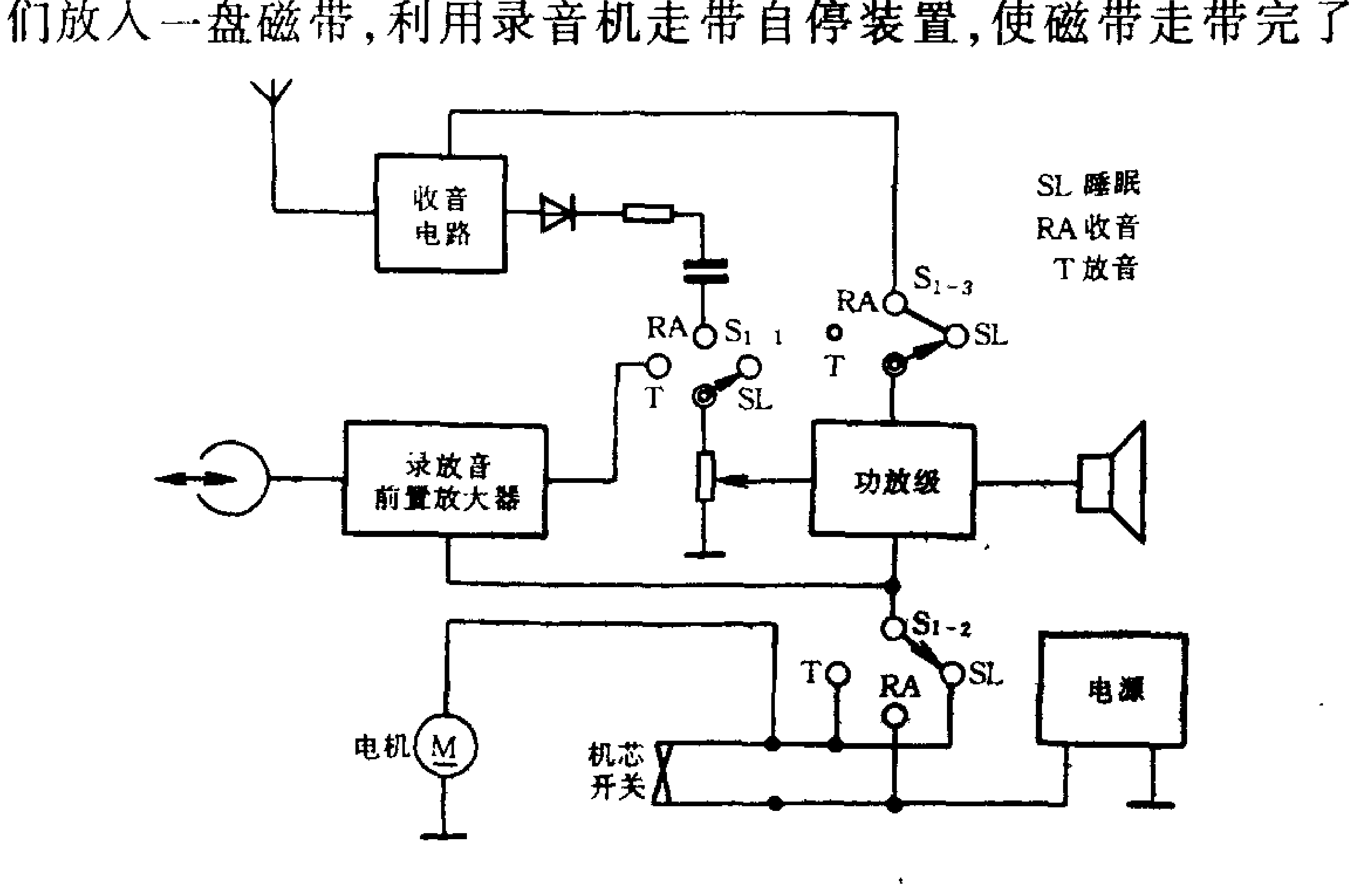


图 10－75　睡眠定时开关

时，放音键自动弹起而关机。磁带一面的走带时间就是定时时间。由于录放前置放大器与功放电路断开，磁带内容不会被放出来。

这里要提到的是，睡眠开关只能自动断开机内直流电源，而交流市电仍与电源变压器的初级连通。因此，经常使用睡眠开关是不十分安全的。

4. 编辑开关

编辑开关是录音时用于编辑节目的一个开关。编辑开关一般置于录音信号的输出电路，用于断开送到录音磁头的信号通路(图 10－76)。编辑开关 S 断开时，磁带没有信号录上；根据节目内容需要，适时掌握 S 的通断，就可以编辑节目。具有自动选曲装置的录音机，一般都设有编辑开关，以便自录节目时，在曲与曲间留出 4s～5s 的空带区，方便检索。

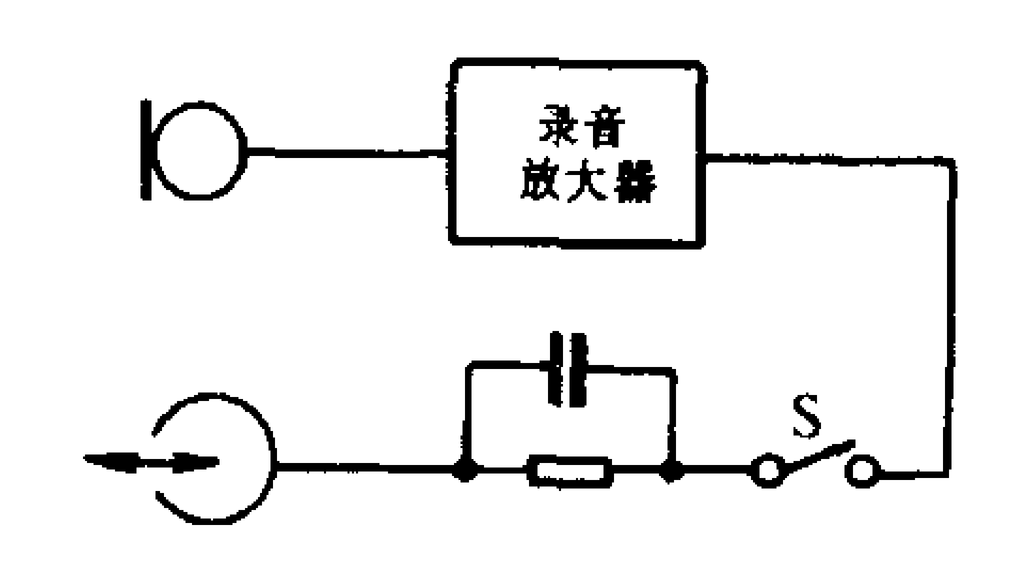


图 10－76　录音编辑开关

5. 杜比降噪开关

为了提高录、放音的信噪比，往往用提高录音信号电平来“压低”噪声。这样做，一方面会使录音放大器的动态范围减小，另一方面又可能会使磁带超过允许的最大磁饱和度，造成信号失真；如果降低录音信号电平，磁带的背景噪声又会明显增大。在高级录音机里多采用自动降噪电路来减小噪声的影响，提高整机信噪比和动态范围。杜比降噪系统是应用最广泛的一种降噪系统，电路有 A 型、B 型和 C 型之分。一般录音机多采用电路

较为简单的B型系统。B型降噪电路的原理是在录音时，预先提升高音频信号电平而放音时再将提升频段衰减，衰减中，高、中频噪声也同时被衰减，信噪比明显提高。图10－77是加入和不加入杜比系统时，整机噪声电平的比较。杜比系统只对较弱信号发生作用。杜比开关放在接通位置时，录音应减小输入信号电平，放音应使用已“杜比化”的磁带。如果在普通录音机上放送已“杜比化”的磁带，则噪声增大，产生频率失真。倘用普通磁带在使用杜比开关的录音机上放音，则高音欠缺，失真也会增大。一般采用杜比系统录音的售品原声带，在磁带盒上都标有图10－78所示的标志。

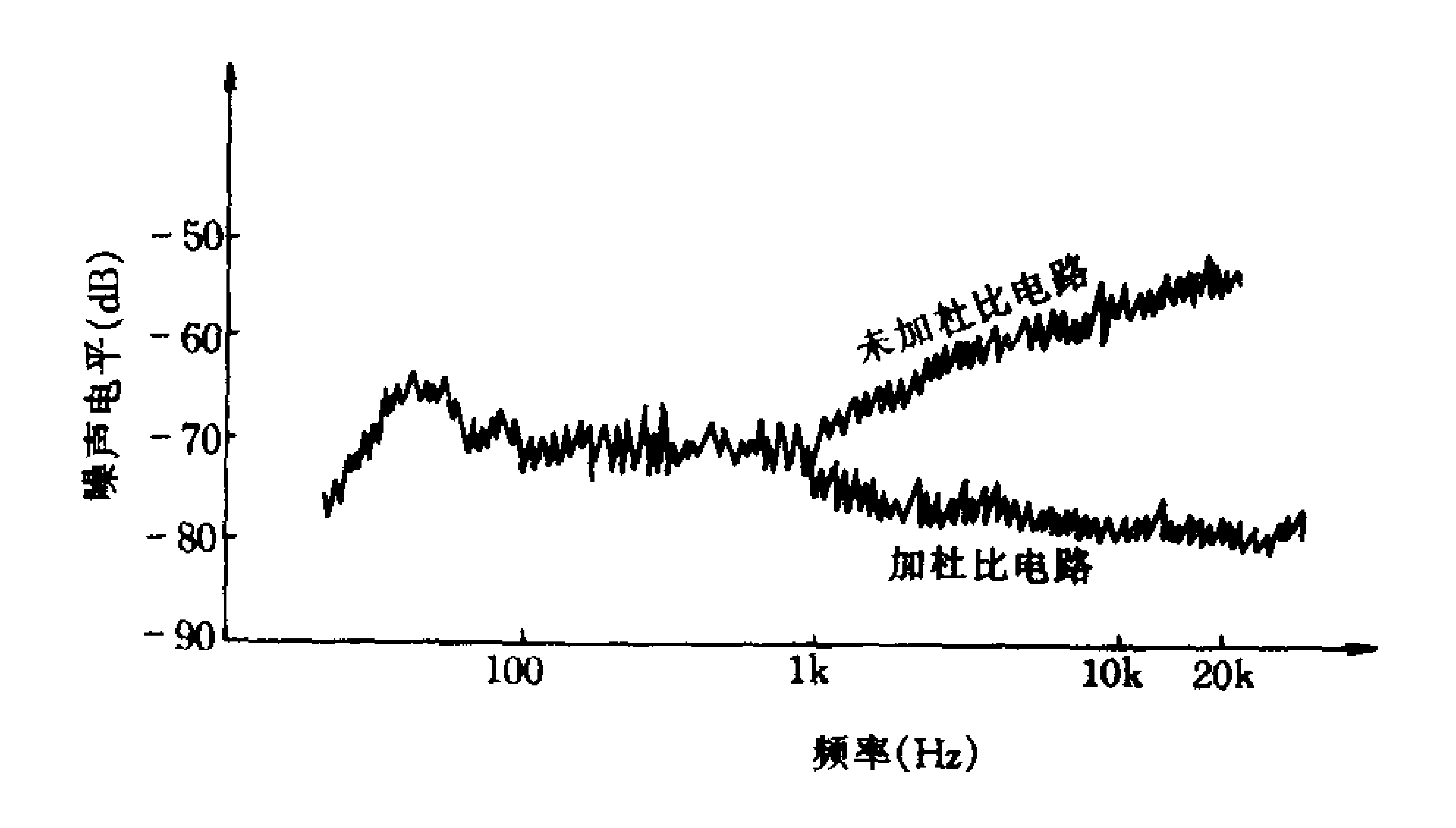


图10－77　杜比消噪效果

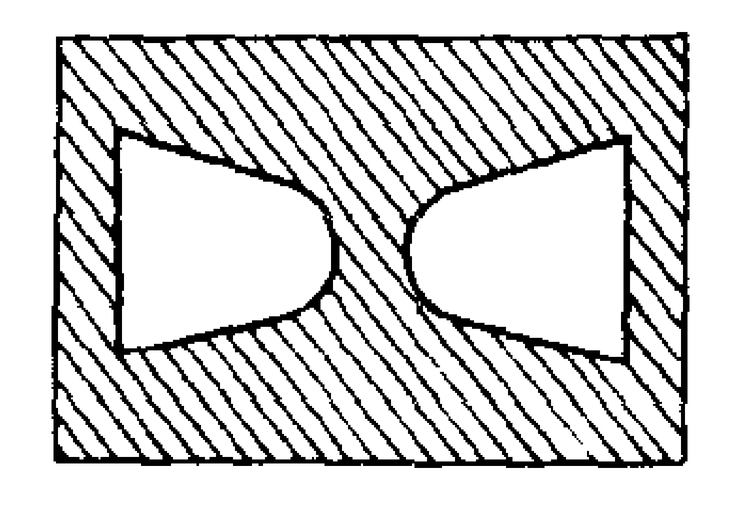


图10－78　杜比标志

第五节 录音机新技术简介

一、多声道录音技术

传统的专业录音工艺多采用一次性录音方式,即被录音的对象集中在一个录音室内,通过两只或多只传声器进行一次性录音,再经调音设备进行混合处理,最后完成立体声节目的合成。这种录音方式效率低,不易加工修饰。随着录音技术的发展和流行音乐的崛起,多声道磁带录音技术已成为专业录音的重要手段。

多声道录音技术通常采用 1/2in ~ 2in 的宽幅磁带,在多声轨的磁带录音机上,进行分轨分期录音。一个乐队,一组演员可以分组、分批各自录音。录音时,演员配带耳机,根据来自录音机的统一标准节奏信号,同步发声,最后经后期合成制成母带,再经大量复制,产生市售的"原声带"。

多声道录音带的轨迹,常用的有 8 ~ 24 道,有的高达 32 道。由于电脑的运用,多声道录音技术已日趋微机化,因此,在音响的特殊效果处理方面更加花样翻新,而在声音美化和装饰性方面也更加丰富多彩。

这里要强调的是,多声道录音只是一种提高录音效率和效果的手段,通过多声道录音技术制作出的节目带仍是双声道磁带。

图 10 – 79 是多声道录音的示意图。

二、数字磁带录音机(DAT)

数字磁带录音机,通常称为 DAT 录音机。DAT 是英文 Digital Audio Tape-recorder 的缩写。它以突出的音响质量和优异性能,受到世人瞩目。

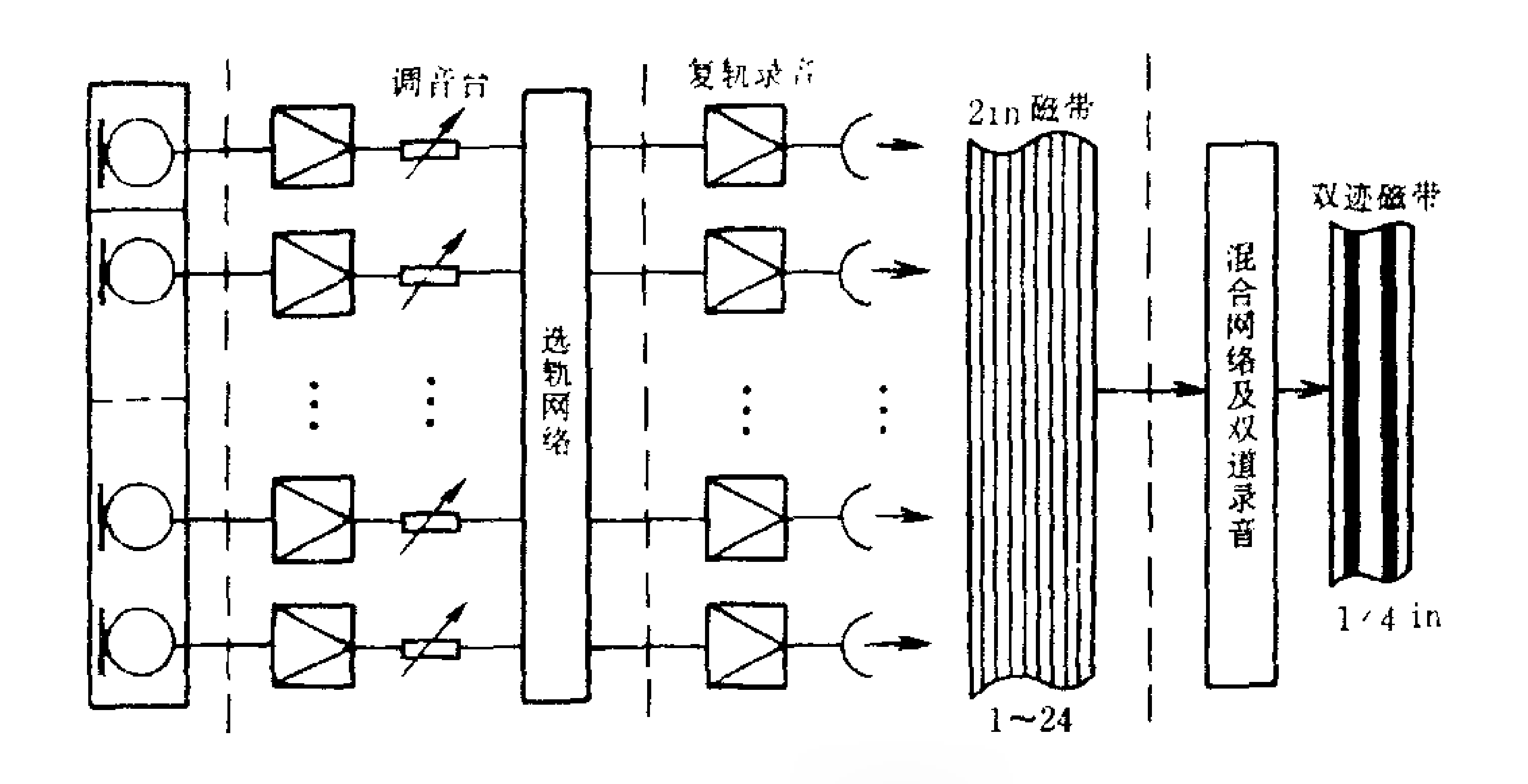


图 10-79　多声道录音示意图

数字录音机与传统录音机相比，其优异性究竟表现在哪些方面呢？

1. DAT 的信号处理方式

数字录音技术与模拟录音技术的根本区别在于对输入音频信号的处理方式不同。我们知道，传统录音方式只是对连续的模拟信号进行处理。而 DAT 系统则采用脉码调制(PCM)技术，首先将输入声频信号经模/数(A/D)转换，变成由"0"、"1"组成的数码信号，然后，以基带调制方式对数码信号进行调制，调制后的信号即可经由电/磁转换，记录在磁带上，放音时，则通过解调和数/模(D/A)转换，变成模拟音频信号输送给放声设备。在脉码调制过程中，连续性的模拟信号经"采样"，被划分成不连续的采样值，再经"量化"，变为 16 比特的二进制数字信号。虽然连续的模拟信号变为不连续的数码信号，但由于采样频率高达 48kHz，也就是说，每秒钟，信号被分为 48000 个离散值，采样值的电平也精确到 2^{16}，因此，原有模拟信号的信息不会"丢失"(图 10-80)。

在数字信号的处理过程中信号只有电平的变化，原有模拟信号处理过程中所存在的诸多"弊病"均予以克服，其音响指标

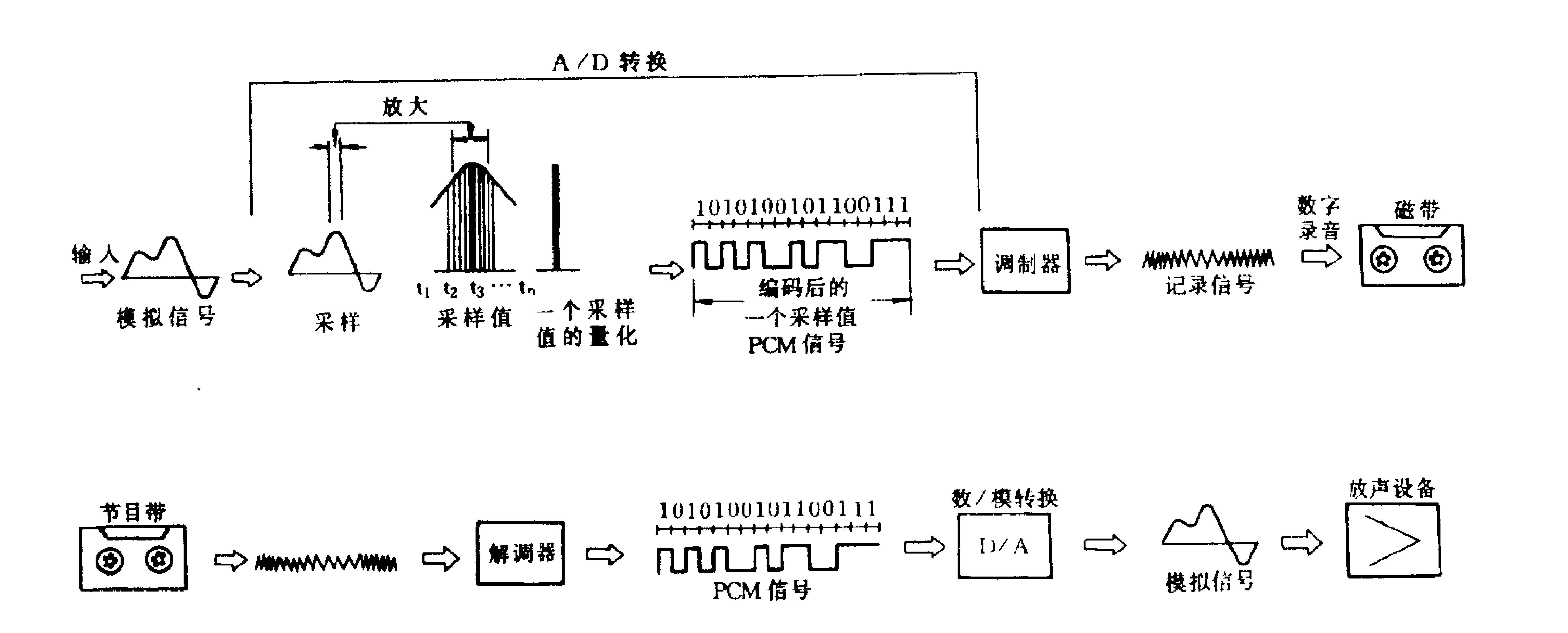


图 10-80　脉码调制的信号处理过程

大幅度提高。在数字传输，记录和重放过程中，信号几乎没有失真，即使经反复复制仍会保持原有音质。加上数字化的高品质磁带配合，音质可以达到十分完美的境地，此外，DAT机在高速检索及许多特殊功能方面更能发挥优势；尤其对于机械性的外部干扰和震动具有极强的抵制能力。

2. DAT机与传统录音机的性能比较

下面我们再对两种录音机的主要性能指标作一比较，这将有助于对DAT机的进一步了解：

频率响应：要产生令人满意的录放效果，录放音系统的频率响应必须在整个音频范围内始终保持对称平衡，延伸高频范围也必须伴随低频的等量延伸。传统录音机在对音频信号的处理过程中延伸频响范围，要受到许多条件的制约。其频率响应曲线的平直性很难达到理想的程度。而DAT机的信号频率特性近乎平直，它所使用的DAT磁带，频率响应可达DC~22kHz，所以DAT机的频率响应几乎可以达到理想化的程度。

谐波失真：模拟录音机中的模拟信号是连续性的音频信号，在放大器件中会产生非线性失真。一般盒式录音机的谐波失真在3%左右，低档机的谐波失真更大，即使是高档录音机也会有1%~2%的失真度。而数字录音机的失真度极小，往往只有0.004%，甚至更小。

信噪比：任何录音机的有效音量范围均要受到信号噪音比的制约。一般磁带录音机的信噪比约为40dB~50dB，中档录音机的信噪比在60dB左右，即使是带有杜比消噪系统的高档录音机，其信噪比也只能再降低十几分贝。而数字录音机中的数码信号不是连续性的，信号与磁特性无关。即使有一些量化噪声存在，也可以采取措施加以减小。所以，数字录音机的信噪比可以达到95dB以上，也就是说可以做到几乎听不到噪声。

动态范围：录音机中不失真的有用音量范围，称为动态范围。一般录音机的动态范围只有40dB～50dB，即使是专业高档录音机也不过在70dB左右，而数字录音机的动态范围可高达96dB以上。这样高的动态范围是高级金属磁带及密纹唱片也望尘莫及的。

声道分离度：模拟立体声录音机左右声道的分离度主要取决于磁头设计、录放电路和磁带上磁迹间的泄漏程度。分离度差会直接影响重放立体声效果。一般盒式录音机的立体声分离度在40dB左右或更高一些；而数字录音机的立体声分离度可达90dB或更高。

3．DAT系统的组成

图10－81是DAT系统的方框图。

由录音机输入端输入的音频模拟信号，首先经A/D变换进入LSI信号处理系统，而后LSI处理器再按一定顺序把处理过的信号取出来；同时，来自系统内微型电脑的时间信号、乐曲序号等附加自控信号经系统控制器传输到LSI内，LSI处理器按一定顺序把音频数码信号和自动跟踪等附加自控信号合成记录信

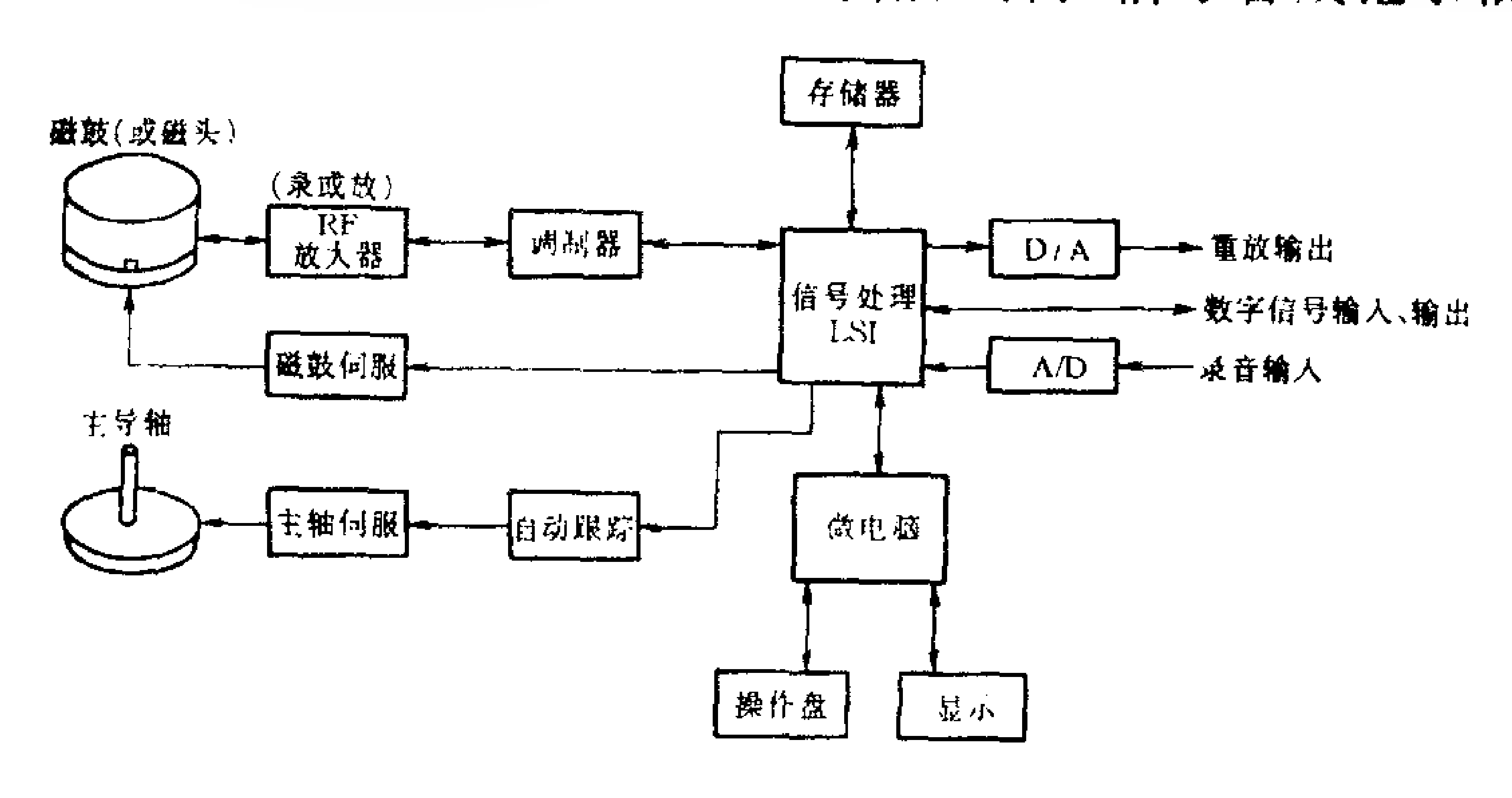


图10－81　DAT系统方框图

号，再经调制器、RF(射频)放大器，由录音磁头记录到磁带上。

重放时，由磁头拾取的调制录音信号，先经RF放大器放大，再经调制器解调，得到音频数码信号，经LSI处理后，分别将附加的自控信号送到各个控制单元，控制走带系统，实施各种自动功能；同时把音频数码信号送到D/A转换器，进行数/模转换，最后以模拟信号输出，恢复音频信号的本来面貌。

虽然DAT电路十分繁杂，但由于使用了大规模集成电路，工作起来十分可靠

由DAT录制的磁带，磁迹分为若干区域，数字音频信号和附加各种自控信号各有各的位置，这为进行编辑、配音等后期制作及实现各种特技功能提供了方便。

4. DAT的标准制式

1985年6月由世界81个专业厂家协商制定出了两种家用DAT制式。一种是采用旋转磁头的R-DAT方式；一种是使用固定磁头的S-DAT方式。R-DAT方式的走带机构，类似录像机；S-DAT方式则类似现有的录音机。

下面我们简单介绍一下R-DAT制式的特点。

R-DAT采用直径30mm的旋转磁头，磁带宽度为3.81mm，标准带速为8.15mm/s，磁鼓转速为2000转/min，磁头方位角为±20°。由于DAT数码信号不是连续信号，不须对数码信号做连续处理，所以，磁鼓与磁带的包角取90°而不必像录像机那样采用180°包角。

DAT磁鼓在垂直相对位置装有两个磁头。一个磁头相对磁迹垂线为+20°的方位角，另一个磁头相对磁迹垂线为−20°的方位角。当一个磁头掠过90°范围时，从磁头取得信号，送入存储器，在另一个磁头信号到来之前，完成信号纠错处理(即对磁带上的信号失落、走带机构的划伤、磁隙堵塞等因素所造成的信号

错漏进行修正)；当磁鼓上的另一个磁头转到90°范围时，则重复上述信号处理过程

图10－82为R-DAT的走带方式。图10－83是磁带上的磁迹格式。

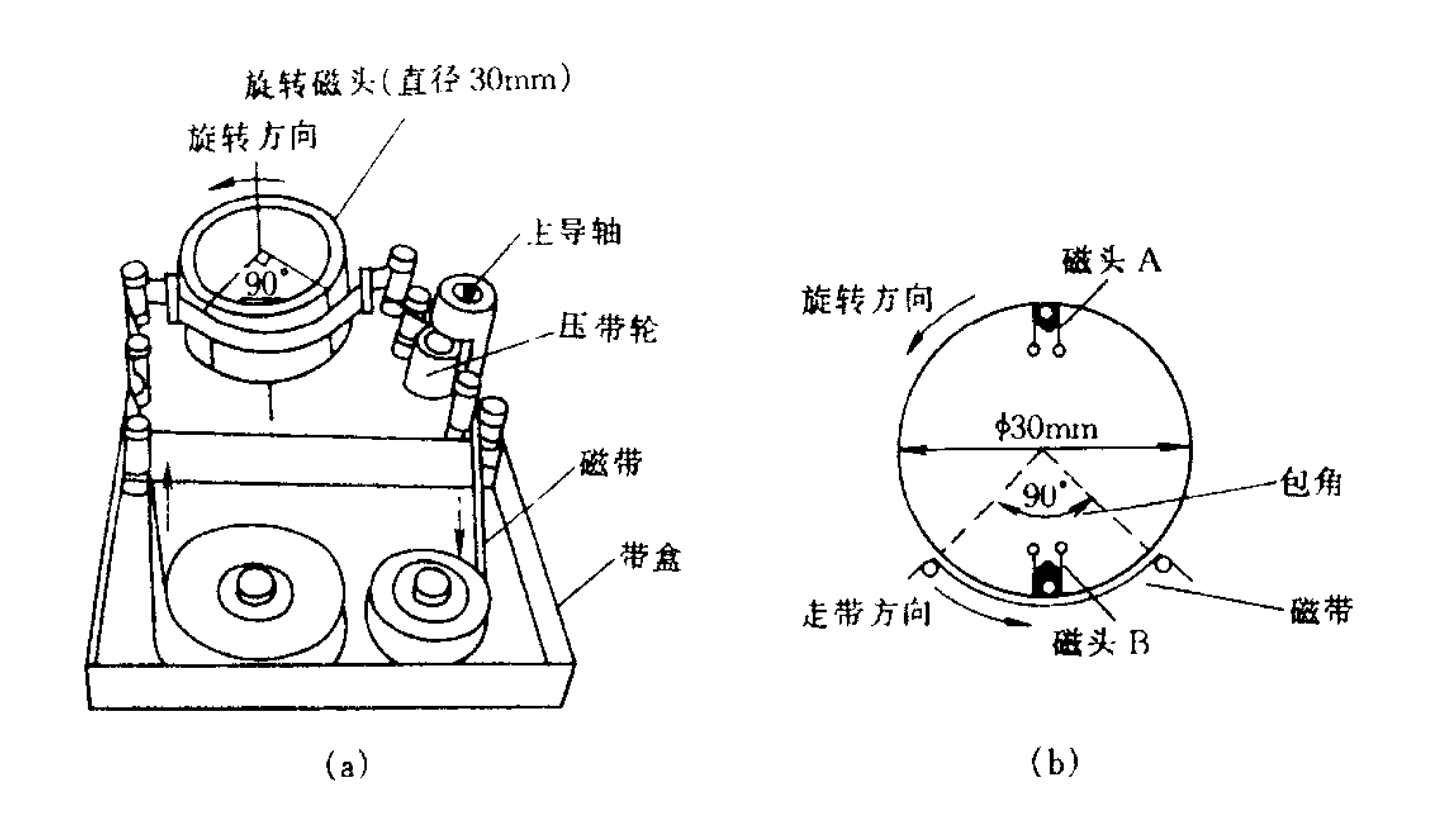


图10－82　R-DAT走带方式

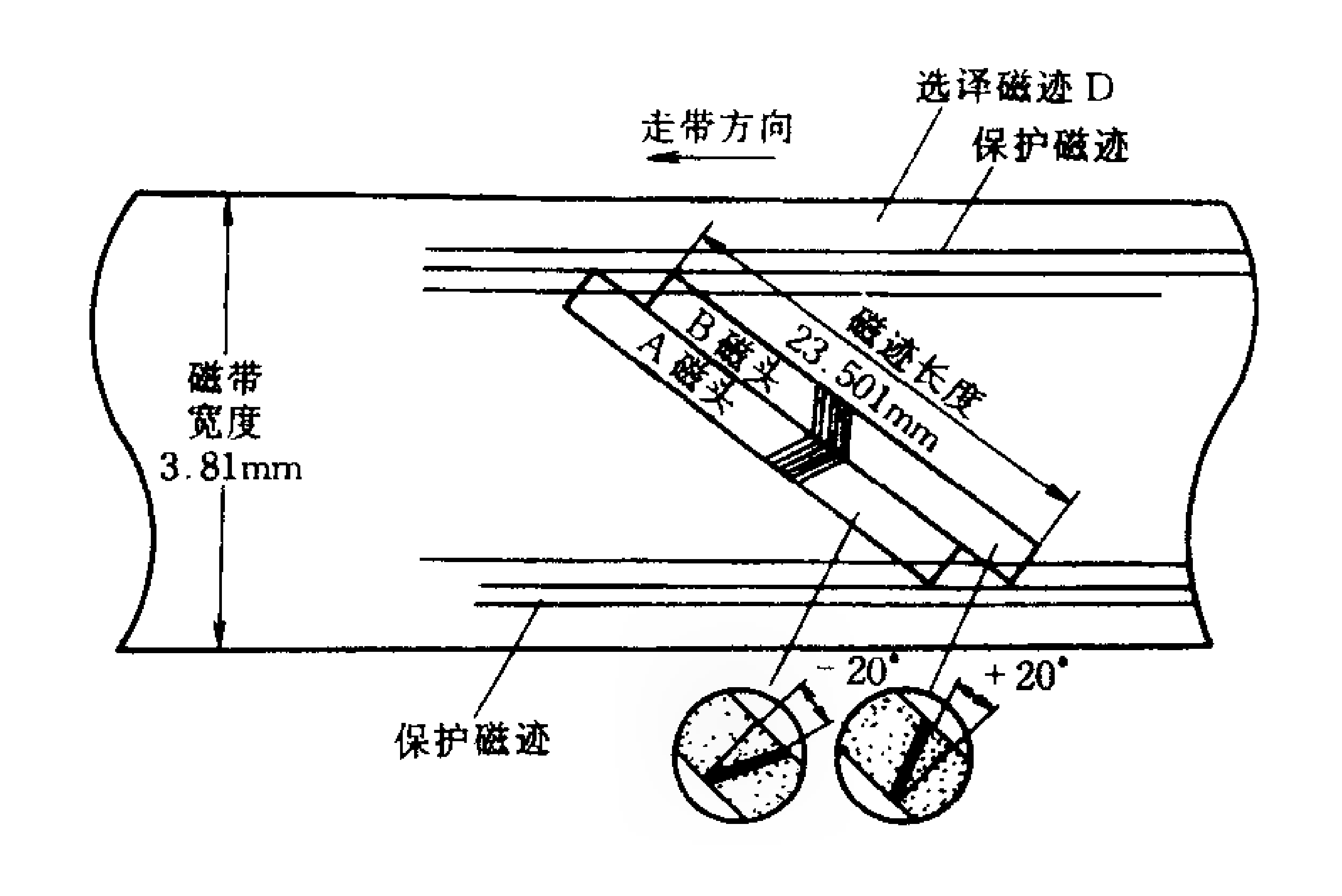


图10－83　R-DAT的磁迹格式

5. DAT的主要技术规格

DAT的技术规格分为R-DAT规格和S-DAT规格。表10-1为R-DAT的主要技术规格；表10-2为S-DAT的主要技术规格。

表10-1　　R-DAT主要技术规格

项目＼模式	录放模式				重放专用模式	
	标准	任选1	任选2	任选3	标准磁迹	宽迹
取样频率(kHz)	48	32	32	32	44.1	
量化位数(bit)	16(线性)	16(线性)	12(非线性)	12(非线性)	16(线性)	
声道数	2	2	2	4	2	2
磁带速度(mm/s)	8.15	8.15	4.075	8.15	8.15	12.225
磁带宽度(mm)	3.81				3.81	
录放时间(m)	120	120	240	120	120	80
磁迹长度(mm)	23.50				23.471	
磁迹宽度(μm)	13.591				13.591	20.41
标准磁鼓规格	直径ϕ30，包角90°				同左	
磁鼓转速	2000	2000	1000	2000	2000	2000
磁头方位角	±20°				同左	
备注		适用卫星广播	适用长时间录音	适用四通道录音	金属带	可用铁带

表 10－2　　　　S-DAT 的主要规格

模式 项目	录放模式				重放专用模式
	标准	任选 1	任选 2	任选 3	
取样频率(kHz)	48	32	32	32	44.1
量化位数(bit)	16	16	12	12	16
声道数	2	2	2	2×2	2
磁带速度(mm/s)	47.6	31.7	23.8	47.6	43.7
录放时间(MIN)	90	135	180	90	98
磁带宽度(mm)	3.81				
磁迹宽度(μm)	80				
磁迹数	20	20	20	10×2	20
磁头	内设 IC 的薄膜磁头				

R-DAT 有四种录放模式，两种放音专用模式。一种标准录放模式和两种放音模式是 DAT 机的必备模式，其它任选模式主要用于卫星广播、长时间录音和四通道录音。通常 DAT 机设有多种模式可供选择，机内电路可根据放入数码软件种类不同，自动切换对应的模式。

DAT 参数除表中所列之外，还有调制方式、传送速率、线记录密度、子码容量、纠错方式等许多重要参数，对于初步知识介绍，这些参数就暂时从略了。

S-DAT 的主要规格与 R-DAT 基本相同。但其重放专用模式只有 44.1kHz 的标准磁迹一种。

由于 S-DAT 使用固定磁头，为了适应数字信号高密度记录的特点，磁迹数目多达 22 条，磁迹间距只有 80μm，因此，磁头要用结构十分精密的薄膜磁头；作为信号预处理的集成电路就装

在磁头之内。S-DAT的专用磁头也有录音、放音、抹音之分。图10－84为S-DAT磁迹格式。

S-DAT机与传统录音机的结构基本相同。只要改换磁头和加上数字信号处理电路，即可发挥传统录音机操作简便，机芯简单的许多优点。当然，对于S-DAT机的精密性和稳定性的要求要比传统录音机高得多。

6. DAT盒式磁带

DAT盒式磁带的规格也有R-DAT磁带和S-DAT磁带之分。这两种盒式磁带的带宽都是3.81mm，但带盒尺寸是不同的。下面主要介绍R-DAT机使用的盒式磁带。图10－85是DAT盒式磁带的外形图，其带盒尺寸为73×54×10.5(mm)，只比普通盒式磁带的一半略大一些。磁带标准厚度为13μm。以录放时间来分，DAT盒式磁带有46、60、90、120分钟四种。DAT磁带盒结构也与普通磁带盒结构不同。在它的背面设有四个识别孔，用来自动选取不同模式；盒前端加有密闭盖，以防灰尘侵入。盒内还设有卷带盘制动片，用来防止磁带松弛。

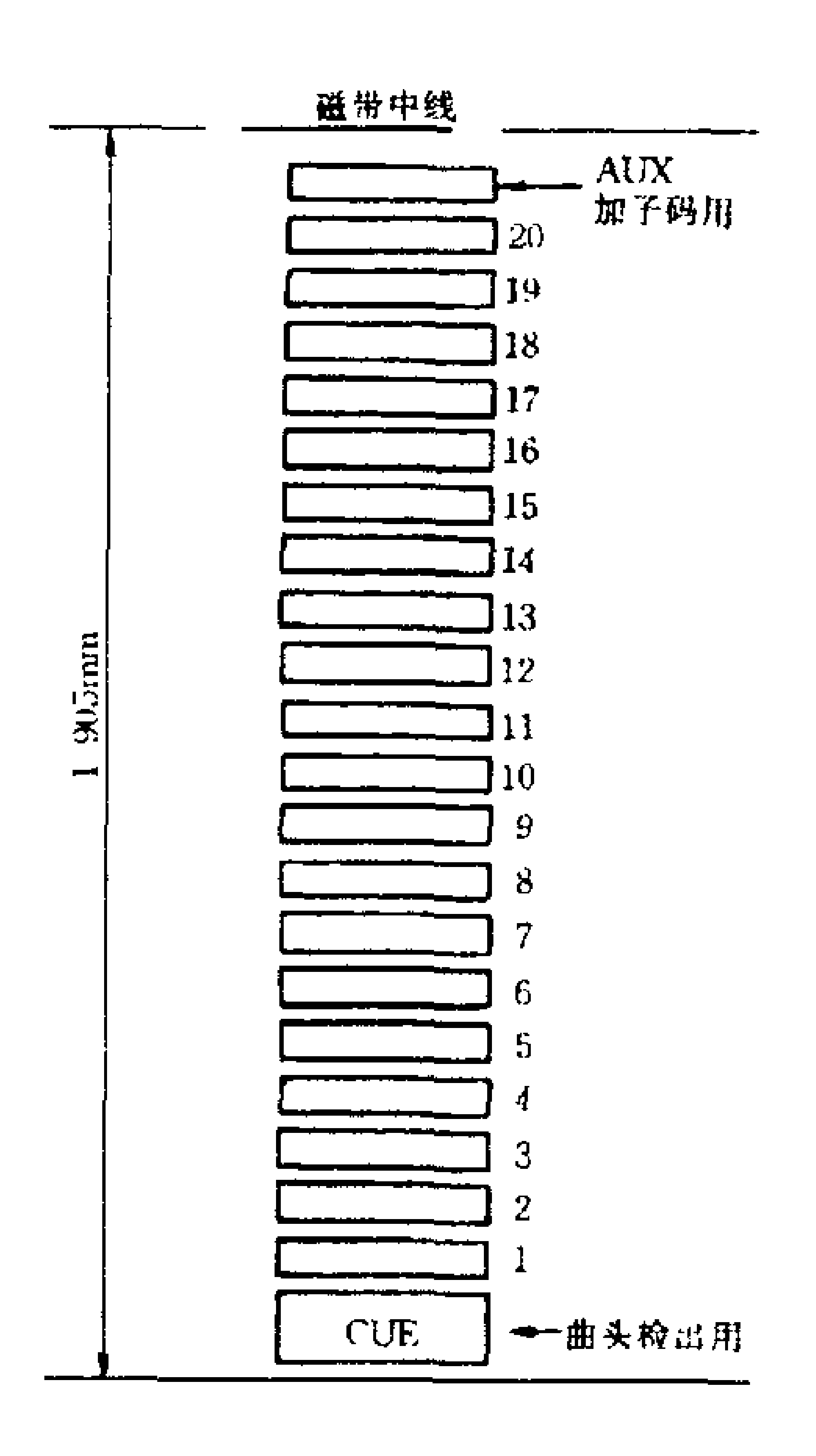


图10－84　S-DAT磁迹格式

DAT盒式磁带通常均使用金属带。只有作为重放专用模式的节目带可以使用氧化铁带。因为，DAT机的磁迹宽度只有13.59μm，相当于1mm的位置要有73条磁迹，因此，要求磁粉颗

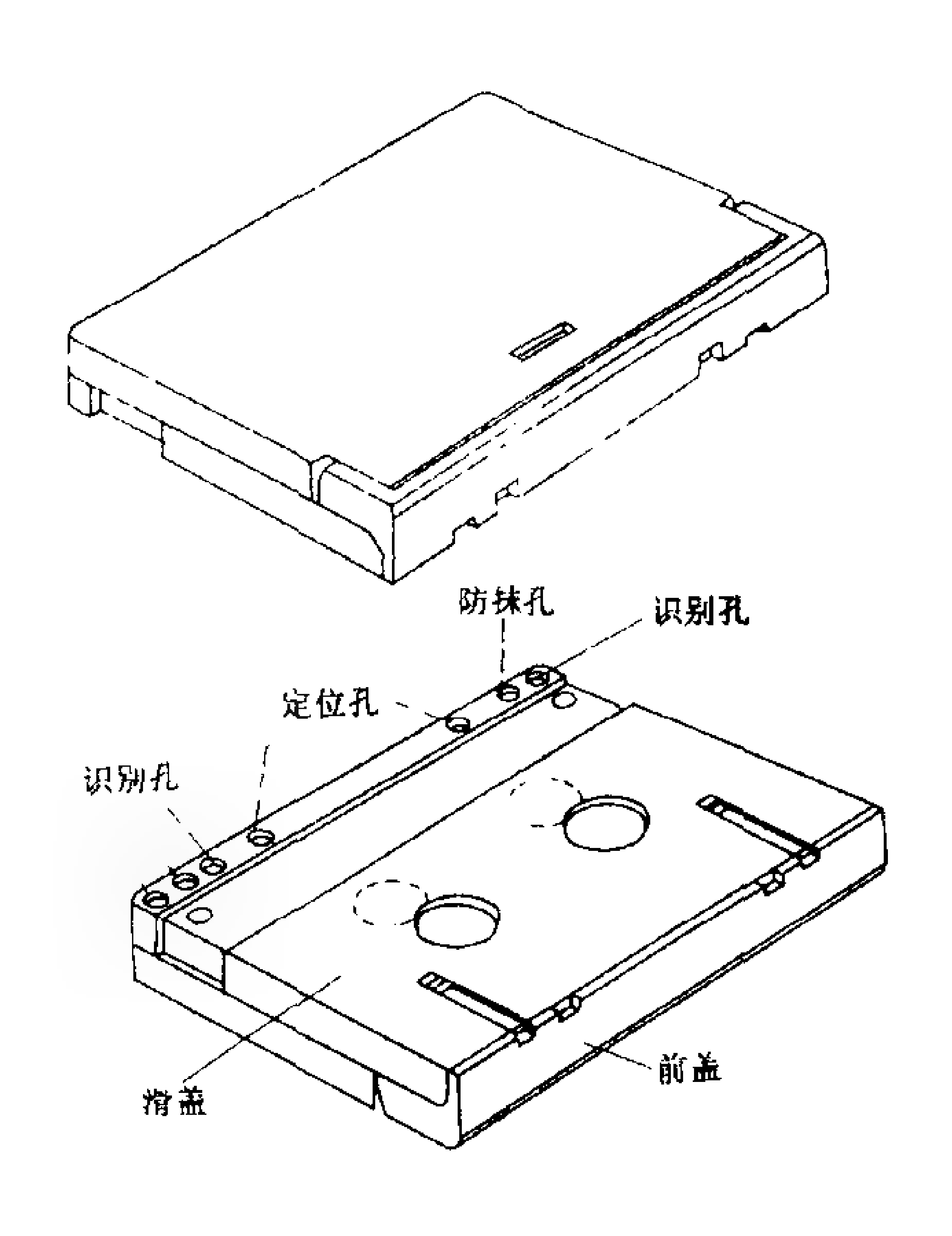


图 10-85　DAT 盒式磁带外形

粒要十分精细;此外,为了获得较强的信号也需要选用磁性强的金属带。即使选用上述可用铁带的模式,也需要用提高带速(12.225mm/s)和加宽磁迹(20.41μm)来保证放音质量。

DAT 磁带和录像带一样,为单面录放。

三、数字盒式磁带录音机(DCC)

DCC 是英文 Digital Compact Cassette 的缩写。它是新一代的数字盒式磁带录音机。它的最大特点是具有与模拟盒式磁带相兼容的功能,也就是说,DCC 机不仅可以记录和重放数字盒式带节目,而且也能重放普通模拟盒式带节目。

DCC 机采用类似 DAT 系统的 S-DAT 方式,录放磁头为固定式。DCC 盒式磁带与传统盒式磁带尺寸大小基本相同,且其结

构更为精密、使用更为方便。DCC 盒式带不需手动翻面，磁带外露部分和磁带驱动轮均用金属滑盖覆盖，盒内部设有防磁带缠绕机构。

DCC 盒带的磁粉种类属二氧化铬或包钴的氧化铁。

DCC 的录音信号是记录在 8 条平行轨迹上，此外，还有一条轨迹用来录取自控等辅助信号。在 3.81mm 宽的磁带的一半位置，安排如此多的磁迹，对磁头的要求是十分严格的。

飞利浦公司 1992 年推出的 DCC 录音机，所使用的磁头是一种利用 IC 技术制作的薄膜磁头。一个薄膜磁头中包含两个磁头部分：即数字录放音兼用磁头和模拟重放磁头。数字磁头与模拟磁头各占一半位置。这种磁头为可以自动反向的结构；磁头表面加有一层耐磨薄膜，十分耐用。

DCC 在电路上的主要特点是采用了 PASC 的智能编码技术。这种被称为“精确自适应分频段编码”方式，根据人耳的自然听觉特性，选取人耳听阈以上电平，并以人耳听觉的等响度曲线作为基准，把频带分为 32 段，经过量化等处理，进行自适应编码，因此、有效地降低了数字信号的传送速率，使 DCC 机实现了数字录放和模拟重放的兼容。

DCC 盒式录音机和盒式带还可以与遥控器、显示器联机，显示节目名称、歌词、演唱者姓名等。

DCC 还可以用 64 倍的走带速度进行快速复制，便于大量制作。

DCC 的出现将为数字音响的普及做出开创性的贡献。

第十一章
Hi-Fi 与 AV 家庭影院系统

Hi-Fi 是英文"High-Fidelity"的缩写，其意为"高保真(音频系统)"。AV 是英文"Audio"和"Video"的缩写，其意为"音频与视频系统"或"视听系统"。

第一节 概 述

本节主要介绍 Hi-Fi 音响系统与 AV 家庭影院系统的组成以及组合音响与音响组合、双声道立体声与环绕立体声的异同。

一、Hi-Fi 音响系统

Hi-Fi 音响系统是指能高质量、如实地重现原始声源的音响系统。原则上讲，它要求重放设备能真实地反映出声音信号的原貌(即真实地重现原始声音和原始声场)，不应对原信号进行修饰和加工。但在实际欣赏音乐时，往往又因人和环境不同而异。要满足每个人在各种环境下满意地欣赏音乐，常常在 Hi-Fi 音响系统中加入多种调节和修饰装置(如图示均衡器和立体声处理装置等)。听音者可根据自己的喜好对音频信号进行适当的加工、修饰，使重现的声音在特定的环境中更加优美动听。

1. Hi-Fi 音响系统的组成

Hi-Fi 音响系统主要由节目源(音源)、音频放大器和音箱

三部分组成，如图 11－1 所示

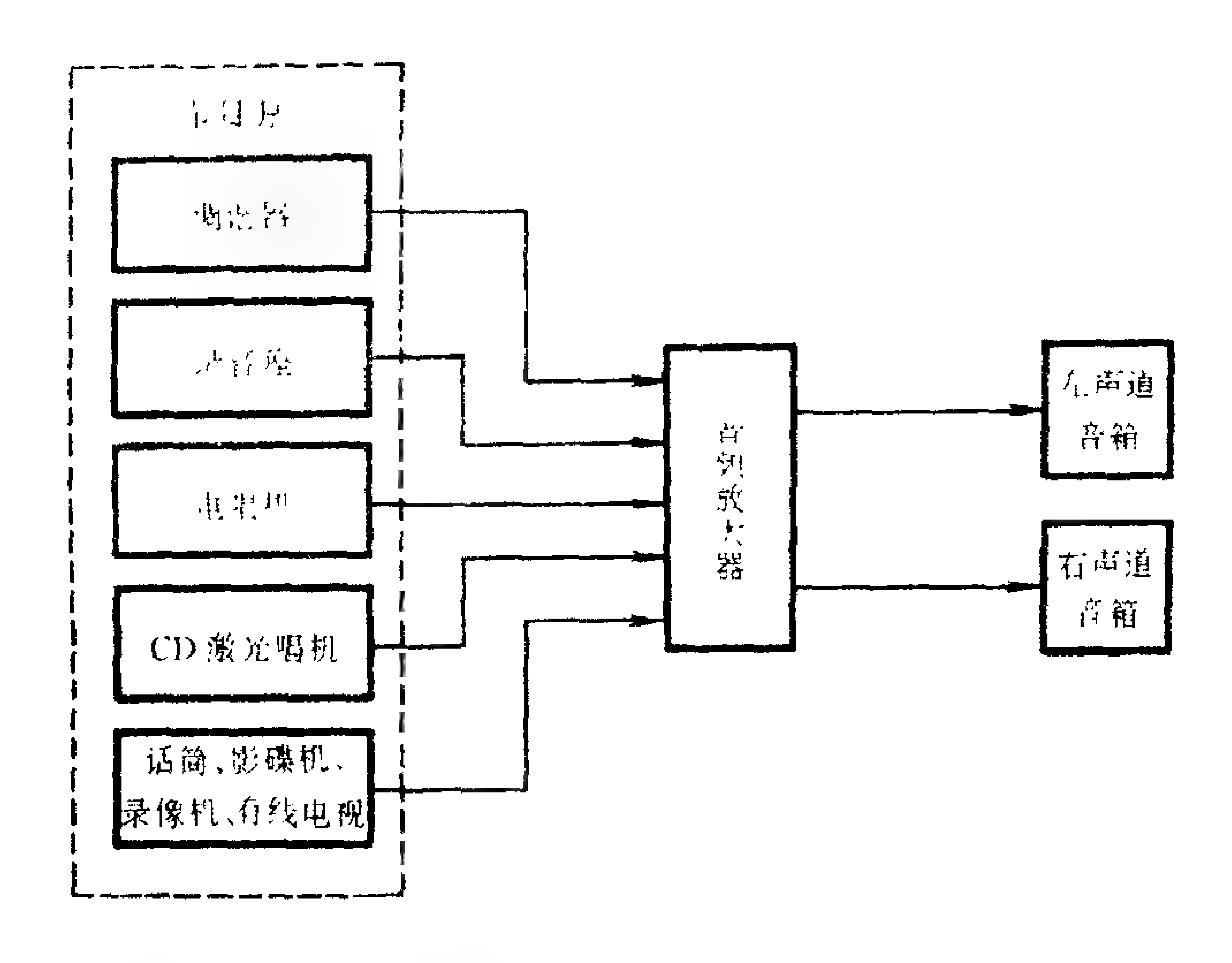


图 11－1 Hi-Fi 音响系统组成方框图

节目源应是高保真的音频信号源，主要来自调谐器、录音座、电唱机、激光唱机（CD）和话筒等。影碟机、录像机和有线电视的音频信号也可以作为音频信号源。

音频放大器包括前置放大器（有的内置图示均衡器或立体声处理电路）和功率放大器，其作用是对输入的双声道立体声音频信号源进行转换、处理和放大，产生足够的功率去推动音箱发声。

音箱由扬声器、分频器和箱体等组成，利用它将功率放大器输出的音频信号分频为高、中、低频信号，送至相应的扬声器进行重放。

2. 组合音响与音响组合

Hi-Fi 音响分为组合音响和音响组合两种结构形式。

组合音响人们常称为套装音响，其特点是各组音源和放大器、音箱等均由生产厂家选配并组合成套，外观较漂亮，功能也较多，但内电路和元器件的性能均属一般，重放的音质也较为一般。

音响组合是 Hi-Fi 音响爱好者（或称 Hi-Fi 发烧友）根据个人爱好，自行选择不同型号、不同音色的器材进行精心搭配组合而成。它注重器材的重放音质，对元件质量和电路的性能要求较高，甚至对器材的连线、接插件等都很讲究，但对器材的外表和功能要求并不很高。一般情况下，只要器材之间搭配合理，同价位器材的音质会远远超过组合音响的效果。

二、AV 家庭影院系统

AV 家庭影院是一种能重放真正多声道环绕声的高质量家用视听系统，也称家庭 AV 系统。它是利用普通家庭的居室环境，通过各种 AV 器材的优化组合营造出接近标准电影院水准的视听环境。

1. AV 家庭影院系统的组成

AV 家庭影院系统由 AV 信号源、AV 放大器和 AV 终端三部分组成，如图 11－2 所示。

AV 信号源用来提供高质量的音频与视频信号。常用的信号源主要来自 VCD 激光影碟机（包括 CVD 和 SVCD 等）、LD 激光影碟机、DVD 数字激光影碟机、VTR 录像机、CATV 有线电视、VOD 自动点播系统等。

AV 放大器也是由前置放大器和功率放大器组成，但与 Hi-Fi 音响系统的音频放大器有所不同。AV 前置放大器除了选择和切换输入的 AV 信号源外，还要对多声道的环绕声音频信号进行解码和放大处理；AV 功率放大器是在双声道 Hi-Fi 功率放

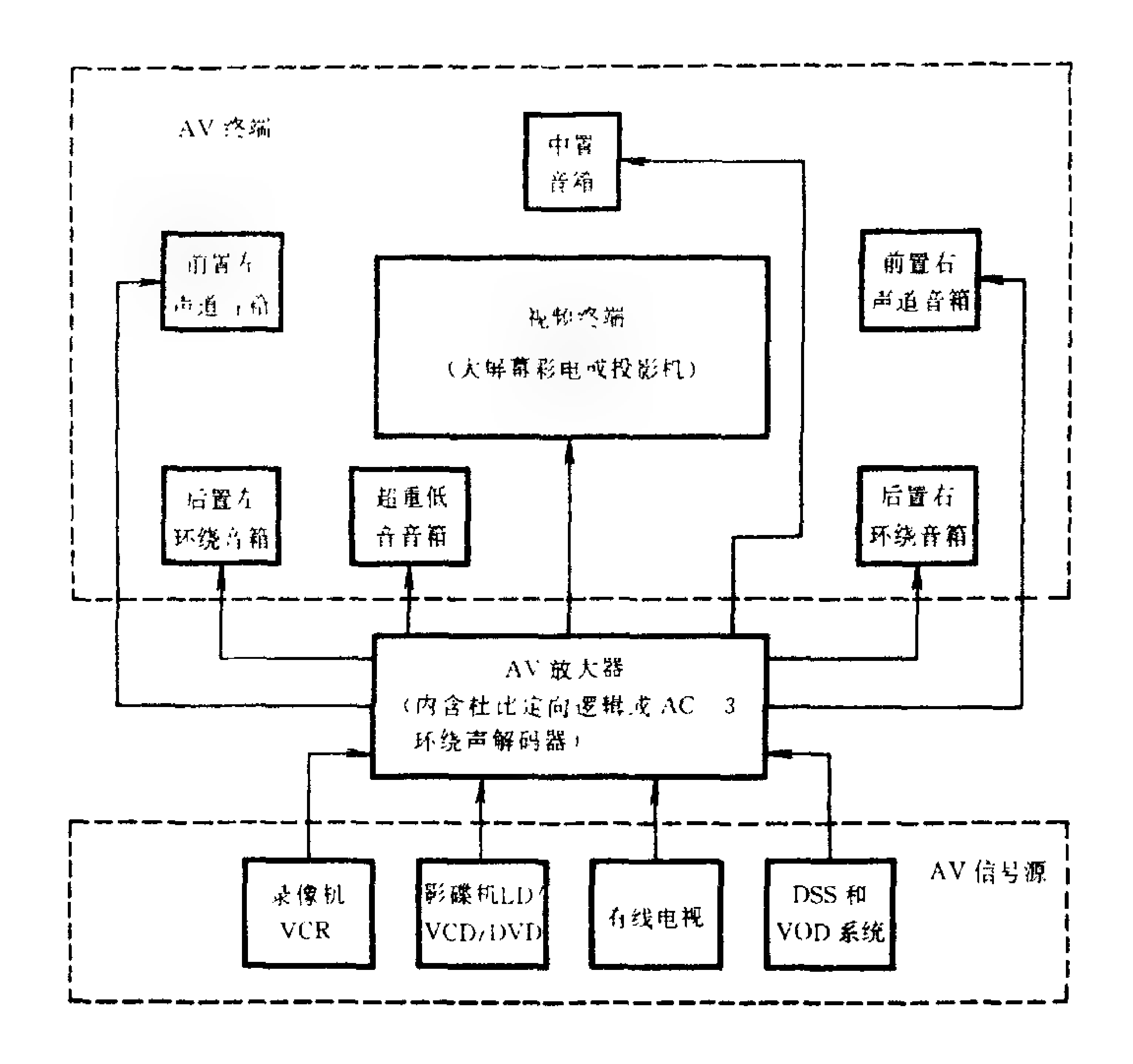


图 11－2　AV 家庭影院系统组成方框图

大器的基础上，又增加了中置声道和环绕声道，有的还有超重低音声道。

AV 终端由音频终端和视频终端组成。音箱作为音频终端来重放多声道环绕声信号，营造三维环绕立体声场。视频终端设备采用大屏幕彩色电视机或投影机、背投影电视机等，它用来显示逼真的彩色画面。

2. AV 套机与 AV 组合

AV 套机是生产厂家将自己生产的 AV 信号源、AV 放大器和 AV 终端器材组建成家庭影院成套设备进行配套销售。这种 AV 套机通常价位较低，但影音效果一般，且缺乏特色（一些知名

品牌的产品要好一些)。

AV组合是AV家庭影院爱好者(或称AV发烧友)根据自己的喜好、经济条件、视听环境及现有器材等,选择不同品牌、不同型号、不同音色表现的AV信号源、AV放大器和AV终端器材进行精心搭配组合而成。这种搭配组合的家庭影院系统,如果搭配得当,其性价比通常较AV套机要高。

三、立体声与环绕立体声

Hi-Fi音响系统的软件记录和重放设备是采用双声道立体声方式,而AV家庭影院系统的音频记录和重放均为多声道(两声道以上)环绕立体声方式。

1. 双声道立体声

立体声是声学处理的基础,它基于人耳的听觉定位原理。人的双耳能辨别各声源的距离和方向,即听音时有空间感或立体感。在使用两个声道相同的音响系统时,听音者前方将建立起一个二维定位声场(重现原始声源的方向和相对距离),这就是立体声。与单声道相比,立体声具有明显的展开感和宽度感,且各声源的方位感、层次感、清晰度和可懂度、透明度均大大提高。

立体声中除直达声外,还包含着反射声和混响声(多次反射声所产生的)。重放时,通过声音在室内反射形成的混响声使听音者感觉到放音的空间感和包围感,正确地再现声像的空间位置特性及原始演奏环境的声学特性,获得真实的临场感。

2. 环绕立体声

环绕立体声是在双声道立体声的基础上发展起来的,它的突出优点是能够更进一步地还原和营造声场,产生更好的声音效果。

环绕立体声是把普通双声道立体声信号或经过编码处理后的多声道音频信号，通过声效虚拟或解码处理后变成三维立体声场。也就是设法在视听者周围建立起声场，将原始信号中各声源的方向再现出来，从而获得强烈的空间感、临场感和真实感

目前，AV 家庭影院的环绕声系统主要有以下几种类型：

第一种是将原始记录的双声道立体声信号进行放大和环绕声场处理，产生模拟多声道环绕声效果。如模拟环绕声系统和 DSP 数字声音处理系统。

第二种是将原记录的双声道立体声信号或多声道环绕声信号进行虚拟环绕声处理，然后用两只音箱来营造三维环绕声场。如杜比虚拟环绕声系统和 SRS、Spatializer、Q Surround 系统等。

第三种是将多声道环绕声信号进行矩阵编码后，用两声道来记录，重放时再用环绕声解码器将两个声道的编码信号译码还原成多声道环绕声信号。如杜比定向逻辑、杜比合成等环绕声系统。

第四种是记录时音频信号即为多声道环绕声，重放时用多声道解码系统进行解码还原，这类环绕声系统的效果最佳。如杜比 AC－3、DTS 环绕声系统。

有关这些环绕声系统在后面将作进一步介绍。

第二节　音响效果处理系统

本节介绍几种应用于 AV 家庭影院和 Hi-Fi 高保真音响中的音响效果处理系统，主要有杜比定向逻辑、杜比合成、杜比 AC－3、THX、DTS、DDSC、DSP、模拟多声道、虚拟杜比、SRS、Spatializer、Q Surround、YMERSION TM、BBE 和 Hi-Fi 立体声处理等系统。

一、杜比定向逻辑环绕声系统

杜比定向逻辑环绕声系统(Dolby Surround Pro Logic)是美国杜比实验室推出的一种普及型家用环绕声系统,它采用4-2-4矩阵编解码方式。在编码时,将原始四个声道(包括左、右、中置和后置环绕声道)的信号通过矩阵编码录制到左、右两个声迹上(将环绕声道信号移相90°),形成杜比环绕编码信号。解码时,是从左、右两个声迹信号中将左、右、中置和后置环绕四个声道的信号进行译码还原。

杜比定向逻辑解码器又称为主动式解码器或压控式解码器,它由矩阵解码、定向逻辑和VCO压控放大器等电路组成,如图11-3所示。

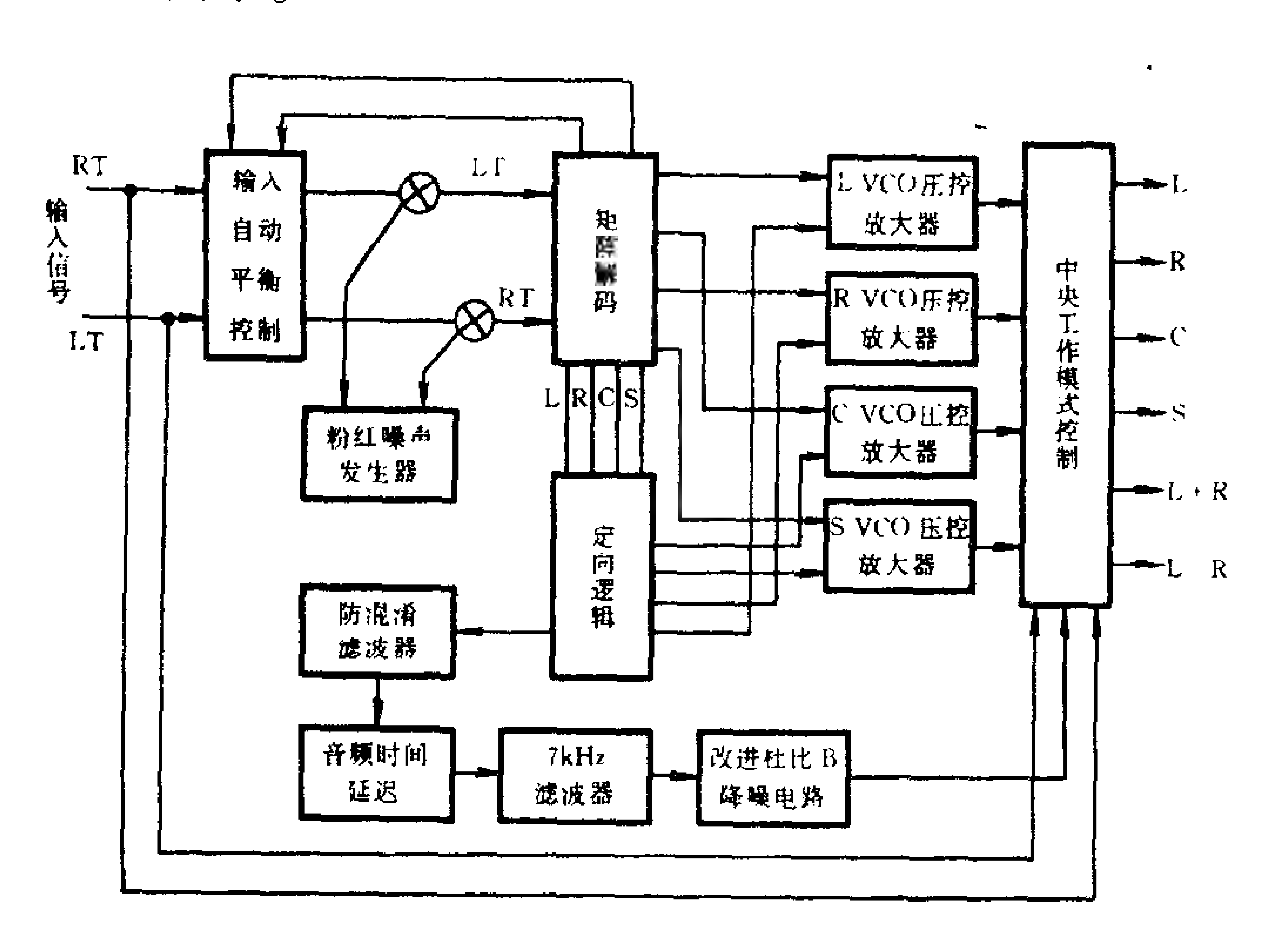


图11-3 杜比定向逻辑解码器电路结构方框图

矩阵解码电路将输入的左、右两声迹信号以相位关系和电平为基础解译成左(L)、右(R)、中置(C)和环绕(S)四路信号,再

送入定向逻辑电路进行识别比较，产生的控制信号送到各路压控放大器中，由 VCO 压控放大器来控制各声道的输出幅度，并将混在各声道信号中的串音信号抑制掉，恢复原始记录信号。

杜比定向逻辑解码器的环绕声效果及声像定位感较好，也能有效地消除串音，提高分离度（各声道之间的分离度为 25～30dB），但它仍是一种模拟环绕声系统，环绕声道为单声道，上限频率仅为 7kHz，且在解码过程中会损失一些真实信号。

杜比定向逻辑环绕声解码系统设有三声道模式（3CH）和中置声道的“标准、宽频、幻像”三种模式。其中，三声道模式是将后置环绕声道信号分配加入前方主声道，适用于无后置环绕音箱的配置；标准（NORMAL）模式也称普通模式，适用于中置音箱较小的配置，此模式的中置声道只重放 100Hz 以上的中高频信号，100Hz 以下的信号由左、右主声道代为播放；宽频（WIDE）模式也称宽带模式，其中置声道与主声道均按全频带重放，适用于前方左、右主声道音箱和中置音箱的品牌、结构和音色相同的配置；幻像（PHANTOM）模式是将中置声道分配到左、右主声道中去重放，适用于无中置声道的配置。

二、杜比合成式环绕声系统

杜比合成式环绕声系统是杜比实验室为立体声电影院研制的专业级环绕声系统（也为 4－2－4 制），现应用于家庭影音系统中。

杜比合成解码器由无源矩阵解码电路、运算放大器、合成信号发生器、合成信号比例调节器及各声道的合成器组成，如图 11－4 所示。

无源矩阵解码器电路输出的四个声道信号（左、右、中置、环绕）经运算放大器作精密运算后，产生一系列的控制合成信号，

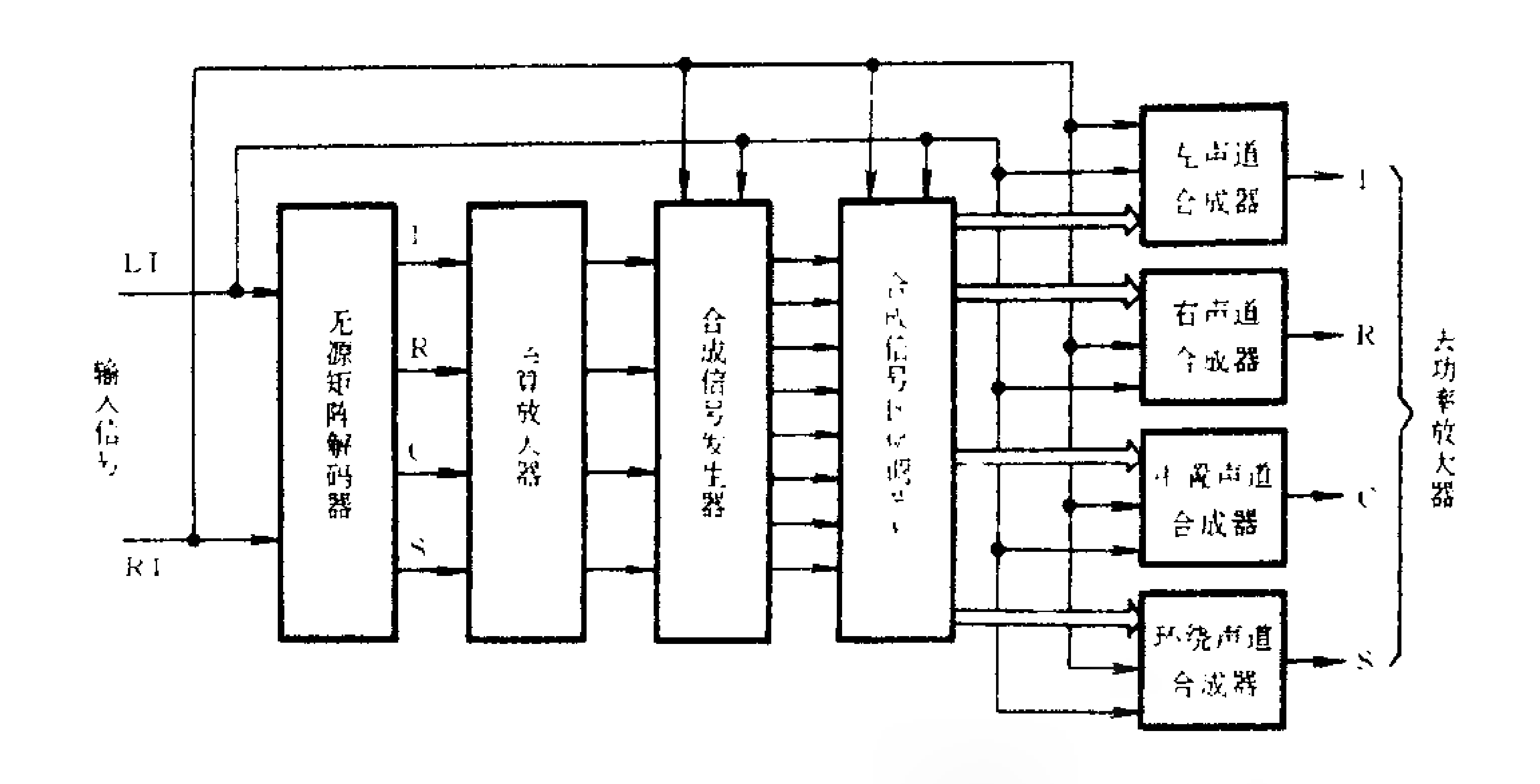


图 11-4　杜比合成解码器电路结构方框图

再将其按特定比例和相位与原始编码信号(经过编码的左、右声迹信号)相减合成,使左、右、中置和环绕四个声道音频信号中的串音干扰被抵消。

杜比合成解码器各声道应有的信号在解码时不受影响,而串音信号则被合成信号所抵消,声道分离度可达 35dB~40dB,各声道之间的延时也可以进行调整。与杜比定向逻辑相比,其营造的声场更饱满,声像连贯性也更好,临场感更加真实自然,但相对成本偏高,对元器件要求精度也高,调试也复杂。常用的合成解码器集成电路有 CP55、CP56 等型号。

三、杜比 AC-3 环绕声系统

杜比 AC-3 环绕声系统是杜比实验室推出的一种"音频感觉编码系统",原为用于家用多声道环绕声系统的数字音效规格,后改称为杜比数字(Dolby Digital)环绕声系统。

杜比 AC-3 环绕声系统以心理学为基础,采用低比特率的数码压缩编解码技术,精确地运用了遮蔽效应和共比特群(即适合人耳听觉特性的比特分配法)而设计的。它根据人耳听觉的

灵敏度将各声道音频带划分成大小不等的窄频带，比特率将根据个别频谱的需要或音源的动态被分配到每个窄频段，再滤除编码噪音、主观上的无关信息和客观多余信息，只保留主观感觉信息，使信号压缩效率大大提高。同时，在减少空间容量、降低数据传输容量的条件下，实现各通道之间的完全分隔，弥补了杜比定向逻辑环绕声系统矩阵解码时出现的各声道分离度不高、固有串音及通道间的失真等缺陷。

杜比 AC－3 环绕声系统的软件记录与重放设备均为独立六声道（即 5.1 声道），包括前置左、中置、前置右、后置环绕左、后置环绕右和超重低音声道。其中，左、中、右及两个环绕声道是五个相对独立的全音频范围（3Hz～20kHz±0.5dB）声道，称 5.0；一个超重低音声道频响为 3Hz～120Hz±0.5dB，只有其它声道的 1/10，称 0.1。

在软件编码时，先对音频信号进行模/数（A/D）变换，并确定各声道的信号电平（即将音量大小的控制信息一并编入），以保持某些动态范围极大的节目源重放时总体的清晰度，实现不同状态下的音量自动控制。重放过程中，还可以用各声道之间的声压来互相遮蔽噪声，具有更宽的动态范围和信噪比。

杜比 AC－3 环绕声解码器由输入缓冲器和解调器等电路组成，如图 11－5 所示。

解码时，AC－3 比特流数据先经输入缓冲器隔离缓冲放大后，再进入纠错电路对每个帧单元进行误码校正，纠错后的比特流加到固定的解调器中，由解调器对比特流中的固定数据（包括指数数据、匹配数据、模式标志等）解码处理并恢复到原来的比特分配数，再按所得到的比特分配对可变数据解码，以确定虚数数据的大小，然后恢复高频成分。固定数据和可变数据解码时所得到的指数数据和虚数数据一同加入固定小数点变换电路中

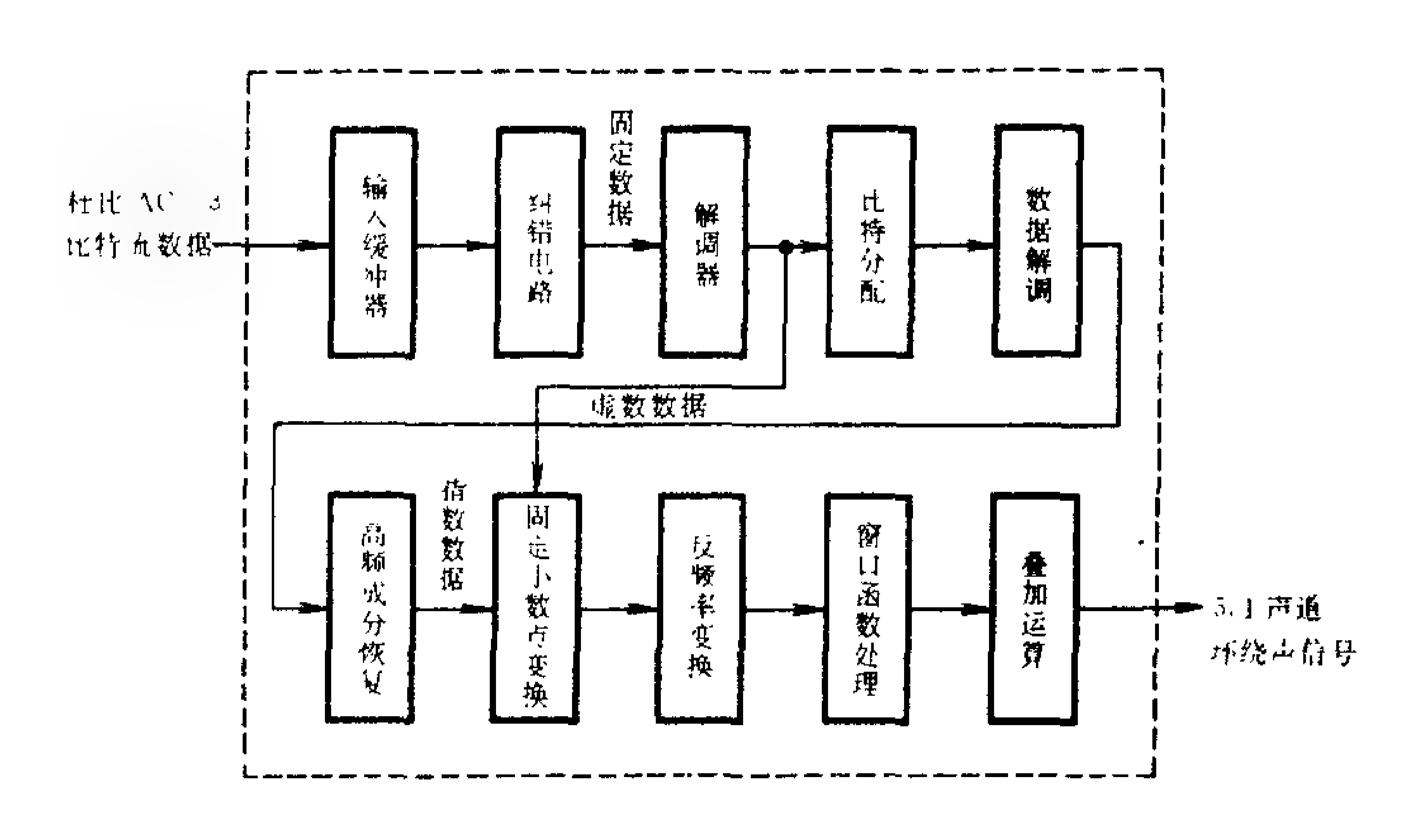


图11-5　杜比AC-3环绕声解码器电路结构方框图

变换为固定小数点数据，再由反频率变换电路将指数和虚数的数据进行反频率变换，以获得时间轴数据。最后经过窗口函数处理，进行叠加运算，得到5.1声道的环绕声信号。

杜比AC-3环绕声解码器具有很好的兼容性，可完全向下兼容杜比基本解码器和杜比定向逻辑环绕声解码器，还可根据输入的不同信号进行正确选择与解码还原。它可以将单声道信号或双声道立体声信号变成多声道环绕声信号输出，还可以将5.1声道的杜比AC-3数据流通过解码后，获得压缩的5声道、4声道或2声道。

四、THX环绕声系统

THX是英文"Tom Holman's Experiment"的简写，是美国卢卡斯电影公司(TomLinson Holman Lucas Film)的专用标志。它不仅仅是一种环绕声场处理模式，还是一整套声场标准以及达到此标准所应具备的各种电声技术要求。

THX系统早期应用于卢卡斯电影公司的7声道70mm宽银

幕电影音频系统,它主要反映在重放设备的电声指标上。与其它音响系统相比,其声音更为自然、清晰、保真。卢卡斯公司对放映该公司发行影片的电影院的音响器材及效果都作了一系列极严格的要求,对达到THX技术范围规定的电影院,授予"THX"标志,如图11-6所示。



图 11-6　THX 标志

家用THX系统是在杜比环绕声解码系统的基础上研制成功的"高保真音响重放系统",它也是杜比环绕声的一种保证系统,通常把用于杜比定向逻辑(4-2-4制)等环绕声系统的THX称为THX4.0,而把用于杜比AC-3数码环绕声系统的THX称为THX5.1。

图11-7是THX4.0系统的电路结构方框图。该系统是通过一些特殊的附加音频处理电路来处理杜比环绕声信号,力求

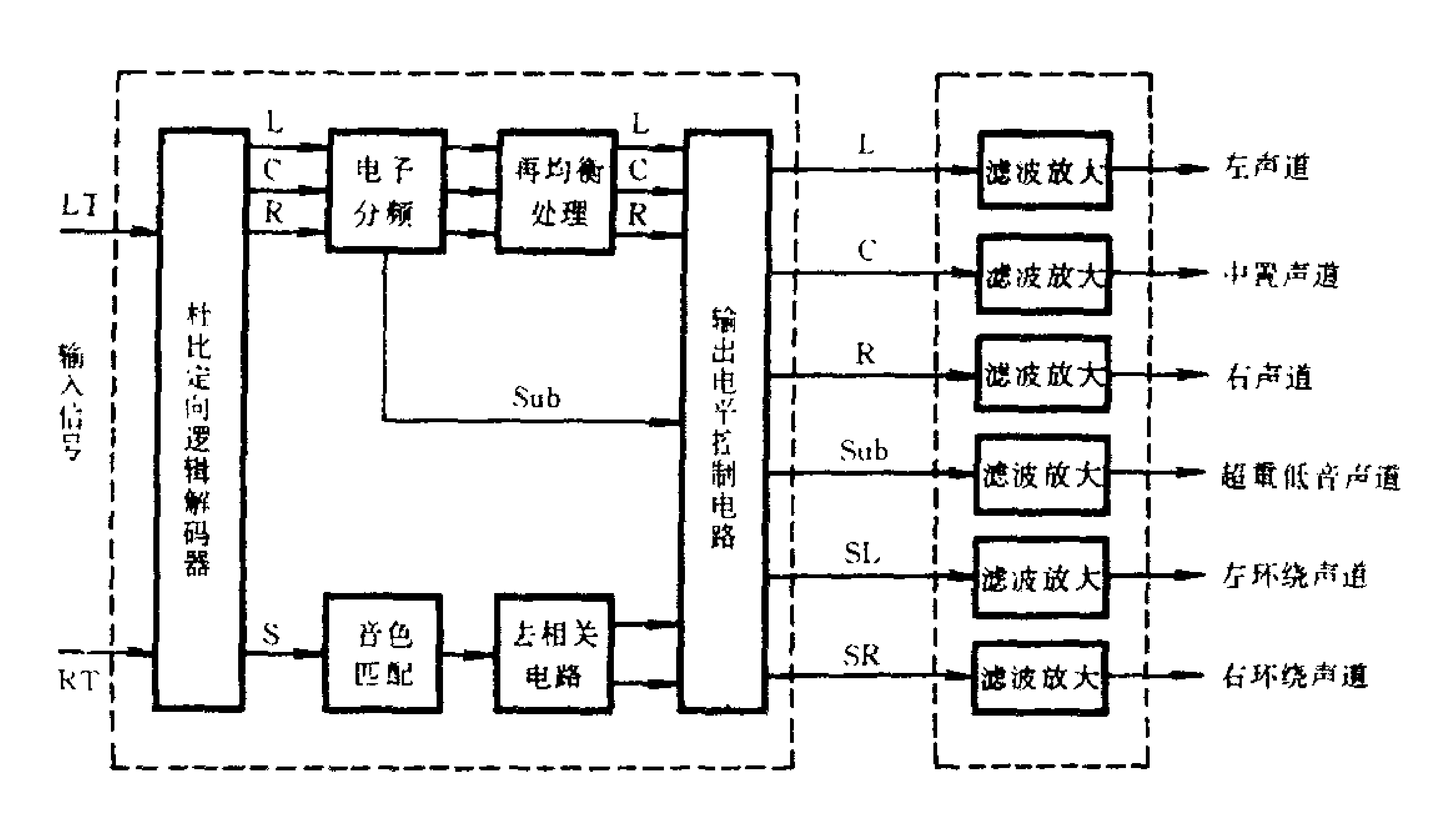


图 11-7　THX4.0 系统的电路结构方框图

使家庭影院系统产生更接近电影院的音响效果。

附加音频处理电路主要有电子分频、再均衡处理、音色匹配、去相关电路等。经杜比定向逻辑解码器解码处理后的左(L)、右(R)、中置(C)和环绕(S)四个声道信号，被送入附加音频电路中再次处理。其中，左、中置、右三声道音频信号先经电子分频电路滤出超重低音信号(该信号被直接送入输出电平控制电路)后，送入再均衡处理电路进行高频提升和音频平衡、补偿等处理。环绕声道信号则先送入音色匹配电路进行音色匹配和修正，使之与前方三个声道平衡、协调；再由去相关电路将一路环绕声信号分离成两路不相关的模拟环绕声信号(互为反相)，以产生扩散性的环绕声场。

THX4.0系统采用独立6声道的功率放大器，可将输入的各声道音频信号进行稳定、可靠地放大，输出足够大的不失真功率，去推动各路扬声器。该系统的优点是前置主声道有较宽的频响范围，声音平滑自然；人物对白清晰、层次分明，声像移动正确；环绕声均匀且具有扩散性，与前方各声道的音色匹配协调，声场包围感和临场感很强；具有大动态、低失真的音响效果，瞬态表现优良，特殊音响效果定位准确，并有良好的平衡性。其缺点是环绕声为模拟立体声，上限频率仅为7kHz，且与超重低音均是通过后期制作处理得到的，缺乏数码环绕声的真实感。

家用THX系统对播放器材有较高的要求，需达到家用THX影音标准后才能获得THX认证。其次，对听音环境也有十分严格的限制。THX4.0系统所用的音箱要求比普通杜比定向逻辑系统更高，其前方左、中、右三个声道的音箱要相同(应选用20Hz~20kHz平直的频响、大动态、低失真及高承受功率的扬声器)，其水平辐射方向要宽，垂直辐射方向要窄，以改善声音的定位，保证语音对白的清晰度。环绕音箱要使用前后都能发声的

双极性音箱，其频率范围在 125Hz ~ 8kHz，扩散性要强，指向性要小。超重低音音箱应选用频率范围在 20Hz ~ 80Hz，并能产生 105dB 或更大的声压级，以加强低音效果。

卢卡斯公司要求家用 THX 影音系统的声场必须符合国际标准化组织制订的宽频带影院频响标准(ISO2969 标准)：要具有较宽的放音频带，从超重低音到高音域通带内的重放音连贯平滑，即在 20Hz ~ 20kHz 范围内声带频响平坦度达到 0dB ± 2dB；背景噪声要低于 NC - 30 线，视听室内不允许有噪声源存在，室内自然噪声应达到城市深夜室内噪声水平，视听室的声学特性对重放音的影响要小，隔声性能要好，不允许存在声共振、声会聚及声吸收点等明显缺陷。另外，对各种频率成分的混响时间也有严格规定。要求杜比 4 声道环绕立体声的混响时间要短，以增强直达声，有利于声像定位；而六声道以上的环绕立体声，因其声像定位主要靠各声道的声源分配来决定，故混响时间可略长。由此可见，THX 系统对视听室要求较高，既使拥有经 THX 认证的 AV 家庭影院器材，若无良好的视听环境相配合，也无法建立真正的 THX 家庭影院。

五、DTS 环绕声系统

DTS 是英文 Digital Theatre Sound 的缩写，其意为数字影院声音系统，是由美国 DTS 技术公司(Digital Theatre System Technology)推出的一种家用多声道数字环绕声系统。它是从 DTS 数字影院系统发展起来的，其图像和声音信号(如 DTS 编码的影碟片)是分开录制的。用具有 DTS 环绕声解码功能的家庭影院系统播放 DTS 软件，可以得到高保真的 5.1 声道环绕声音响效果，也是目前唯一能与杜比 AC - 3 环绕声系统相媲美的数字环绕声系统。

DTS 系统采用 CAC(Coherent Acoustics Coding)相干声学编码技术,在编码时运用删减式和非删减式两种压缩方法相配合来达到减少比特率的目的(删减式是将数字音频中人耳主观感受不到的信息删除,非删减式是仅删除数字音频中的客观冗余信息)。其压缩比没有杜比 AC-3 高,但适应的比特率范围较宽,可分别压缩 18bit、20bit、22bit 和 24bit 量化的数字音频信号,取样频率可以为 48kHz、96kHz 或更高。DTS 系统的软件及其播放设备上均印有 DTS 专用标志,如图 11-8 所示。表 11-1 是 DTS 系统与杜比 AC-3 系统的部分指标对照。

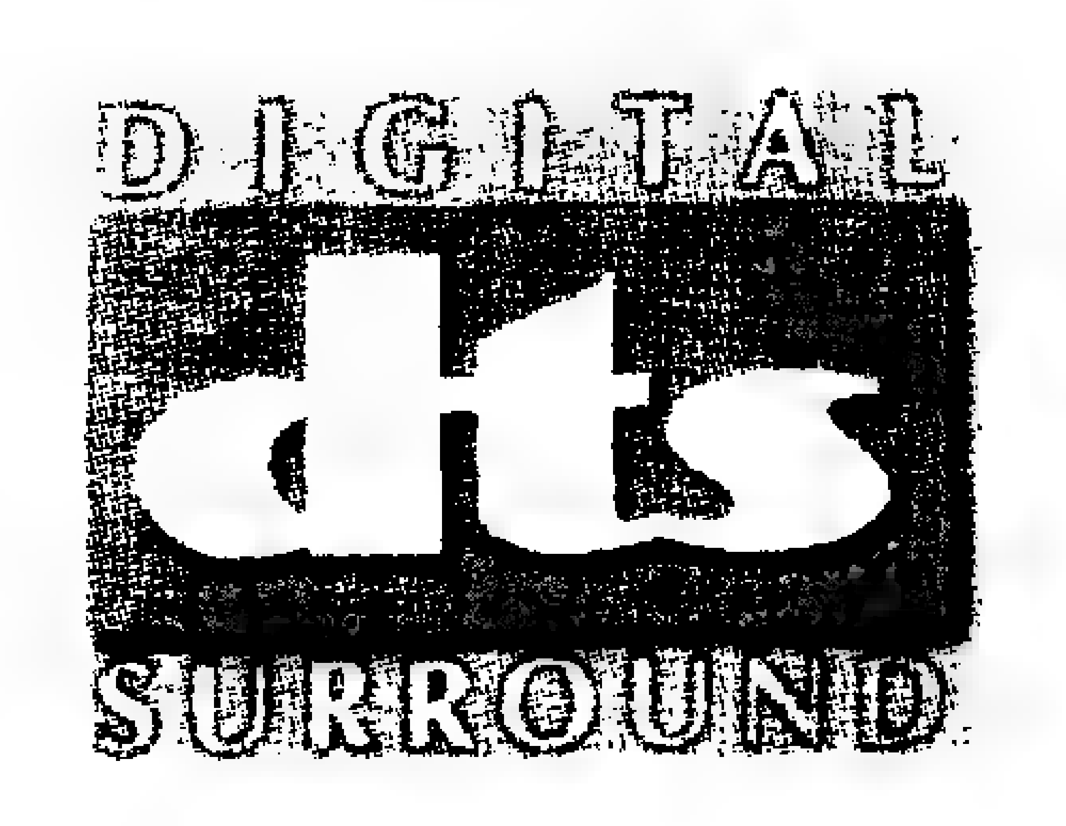


图 11-8 DTS 专用标志

表 11-1 DTS 系统与杜比 AC-3 系统的部分指标对照

项　目	DTS 系统	杜比 AC-3 系统
多声道应用载体	CD/LD/DVD	LD/DVD
最高比特位	24bit	20bit
最大取样率	96kHz 或更高	48kHz
数据传输率	32k bit/s ~ 4096k bit/s	32k bit/s ~ 640k bit/s
典型传输率	1411k bit/s	384k bit/s
典型压缩比	3:1	12:1
通道数	5.1ch(最多 8.1ch)	5.1ch

六、DDSC 环绕声系统

DDSC 是英文 Dynamic Discrete Surround Circuit 的缩写,是日本天龙(DENON)公司研制开发的一种动态分离环绕声系统。它是标准的杜比环绕声解码器或说是杜比环绕声解码器的增强

与完善系统,可以兼容杜比定向逻辑(Pro Logic)、杜比 AC-3 和 THX 系统。

DDSC 环绕声系统是从杜比环绕声解码器的内部入手,改变解码器的工作方式,以期获得更好的杜比环绕声效果。图 11-9 是 DDSC 环绕声系统的电路结构方框图。

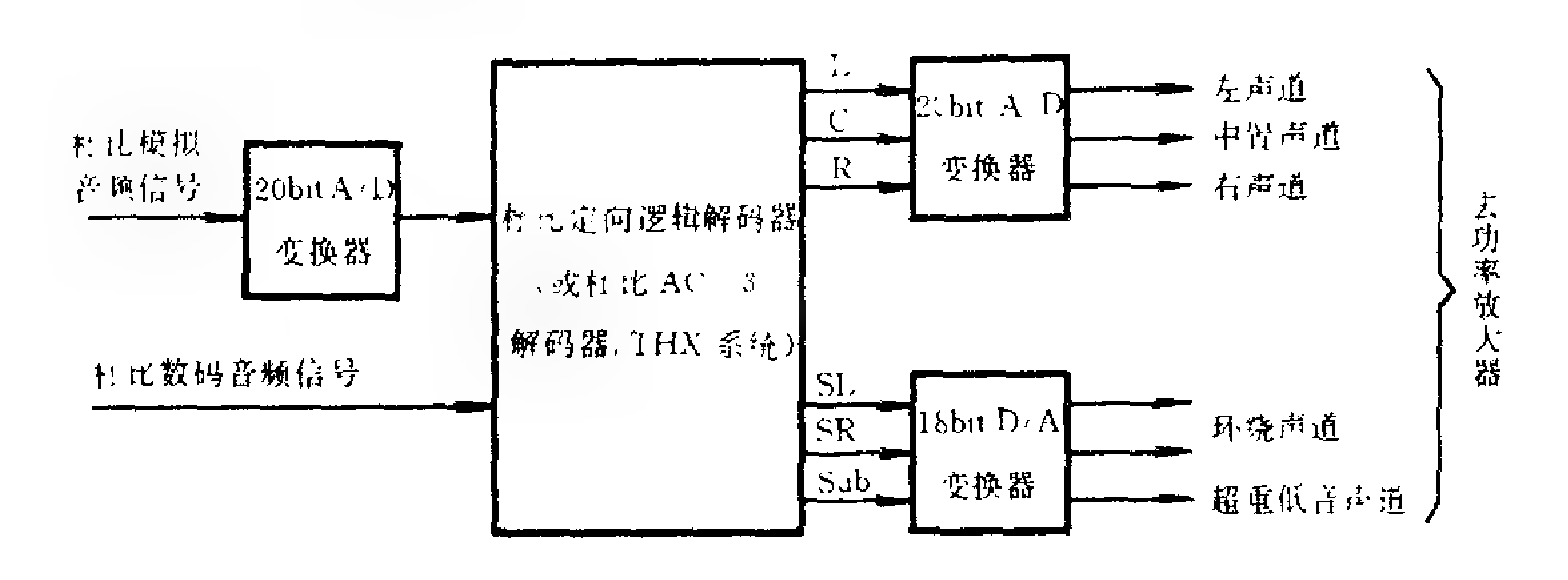


图 11-9 DDSC 环绕声系统电路结构方框图

DDSC 环绕声系统的主要特点是将输入的模拟信号转换为数字信号,解码处理后再转换成模拟音频信号,以减少信号处理过程中的误差与失真。对于杜比模拟音频信号,须先经精度为 20bit 的模/数(A/D)变换器转换成数字信号。杜比 AC-3 数字环绕声信号无需转换,可以直接送入数字环绕声信号处理电路。此数字信号经杜比环绕声解码或 THX 系统处理后,获得 6 路分离的数字音频信号,再经过数/模(D/A)变换器转换成环绕声放大器所需的模拟输出信号。为了能获得较大的动态范围、较高的解析力并降低成本,前方左、中置、右 3 个声道的数/模转换器精度为 20bit,而 2 个后置环绕声道和 1 个超重低音声道的数/模转换器精度可降为 18bit。

七、DSP 环绕声系统

DSP 环绕声系统是一种数字声场的模拟环绕声系统,分为

普通 DSP 系统和能兼容杜比环绕声的 DSP 系统两种。

普通 DSP 系统是英文 Digital Signal Processor 或 Digital Sound Processor 的缩写，其意为数字信号处理或数码声音处理系统。如图 11 - 10 所示，该系统将输入的音频信号送至数码模拟声场处理器进行处理，先送入模/数(A/D)变换器变换成数码信号，再进行纠错、校正、补漏等处理，改变声音的混响、延时或相位，变成多声道模拟环绕声信号)，从而达到模拟几种特定声场(如教堂、音乐厅、影院等)的效果。这种 DSP 系统的特点是对输入声源没有特殊要求，不论输入的信号是单声道还是双声道，都能使其变为有一定模拟环绕声效果的多声道信号(不是真正的杜比环绕声)。但普通 DSP 系统不能同杜比环绕声系统兼容，只能分开使用。

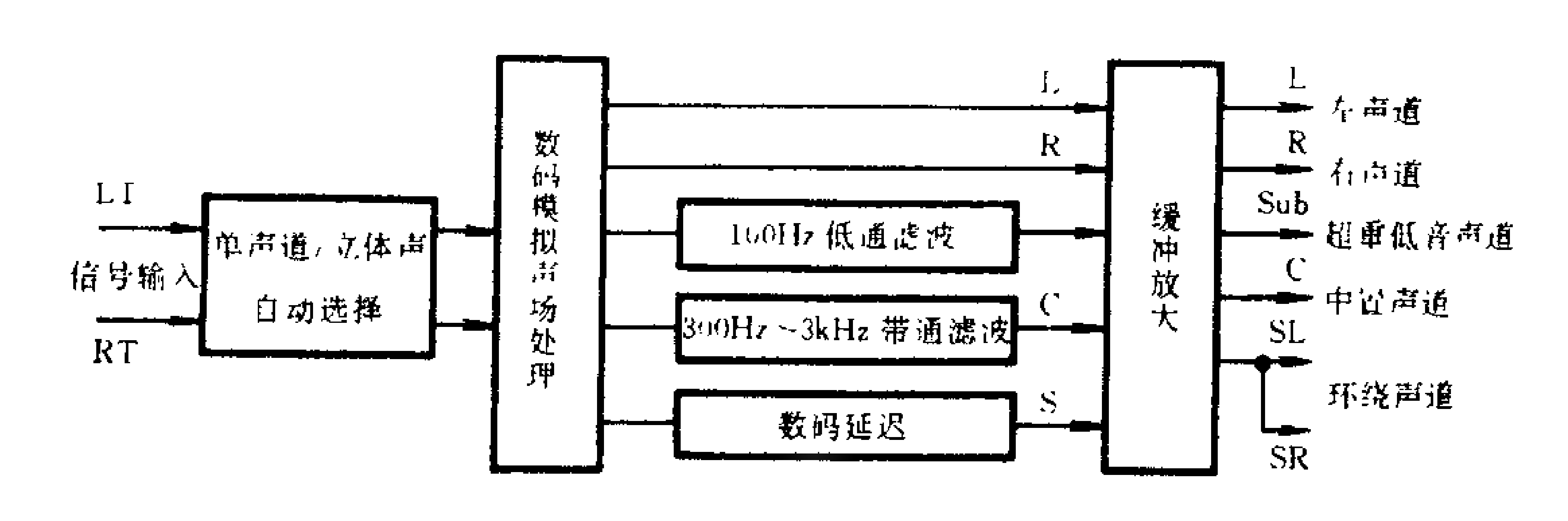


图 11 - 10 普通 DSP 系统电路结构方框图

能兼容杜比定向逻辑或杜比 AC - 3 数码环绕声、DTS 数码环绕声的 DSP(Digital Sound Field Processing 的缩写，其意为数码声场处理)系统，可以进一步补充和完善杜比环绕声系统，又有自己鲜明的特色。这种 DSP 系统是采用高科技手段测量出世界各大著名声学厅堂(如音乐厅、影剧场、体育场、会议厅、教堂、歌舞厅或原野、峡谷等各种公共场所)之特定位置上的直达声、反射声及混响声等声学数据，然后将这些数据存储在专用的数字信号处理芯片上，作为对各声音进行数字信号处理的控制参

数 重放时再通过全数码式串列处理系统将这些数据信号叠加在杜比环绕声信号上，再现各声学厅堂的原始声场效果。

日本雅马哈公司的 DSP 系统就是能兼容杜比环绕声和 DTS 环绕声的数码声场处理系统，其电路结构如图 11 - 11 所示。该系统提供的 DSP 模式可分为 Cinema DSP 和 Hi-Fi DSP 两大类。Cinema DSP 主要用于家庭影院，可与机内的杜比环绕声系统相配合，营造出十多个影剧院声场模式（如 70mm 宽银幕电影院、普通杜比电影院、加强型杜比影院、电视剧场等）。Hi-Fi DSP 主要用于高保真音乐欣赏，可提供歌剧院、流行歌曲演唱会、音乐厅、教堂、爵士乐俱乐部、摇滚乐演唱会场等声场模式。

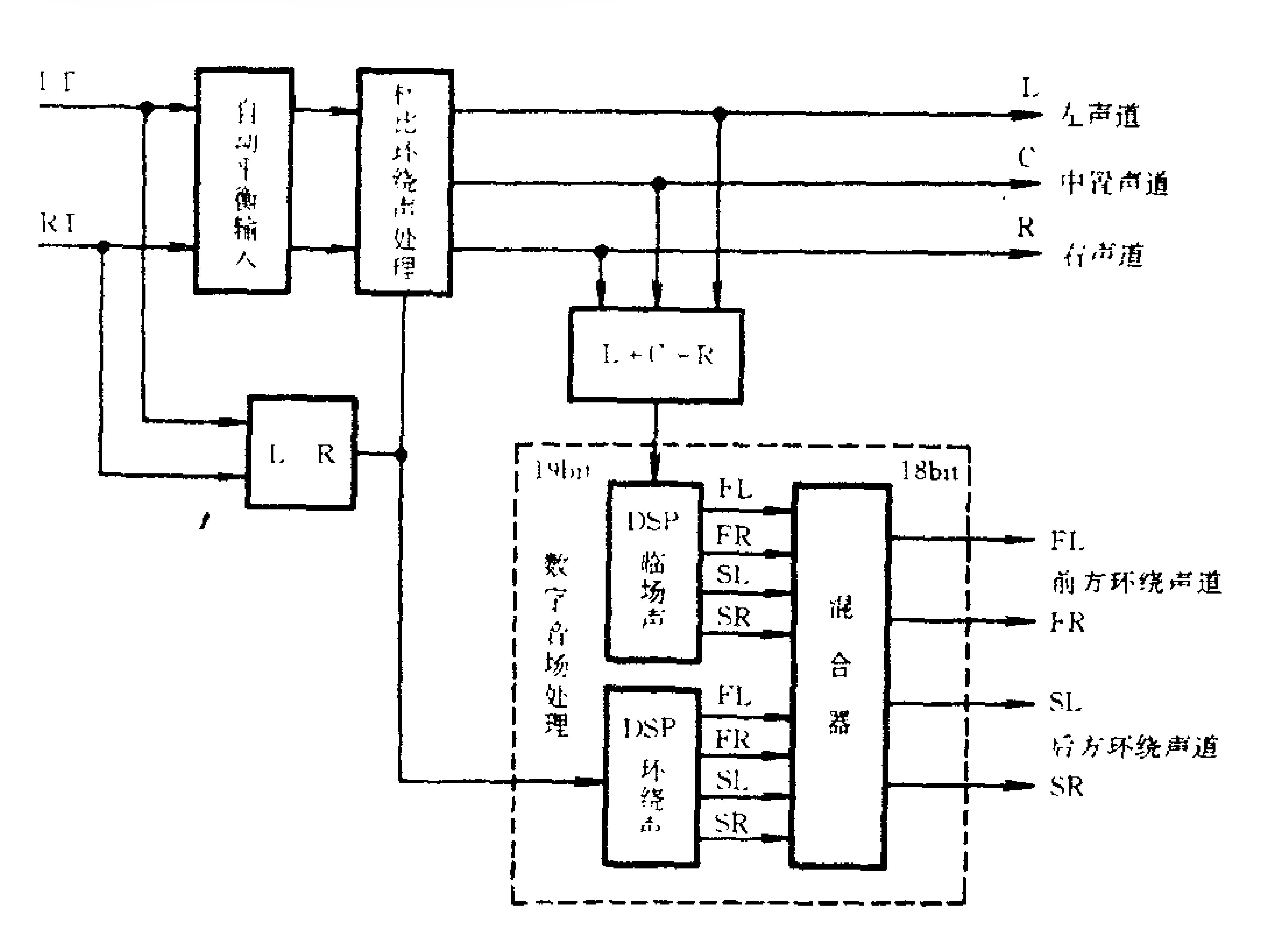


图 11 - 11 雅马哈 DSP 系统电路结构方框图

八、模拟多声道环绕声系统

模拟多声道环绕声系统属于延时混响环绕声系统，商家称之为数码还回立体声。该系统不具备真正杜比环绕声解码功

能，只是从主声道中取出一些信号稍加混合处理来形成中置声道、环绕声道和超重低音声道的信号，其相邻声道间的串音较为严重，声像连贯性差，其音响效果较杜比环绕声差距很大。

模拟多声道环绕声处理系统的电路结构方框图如图 11－12 所示。左、右声道的音频信号经放大后分成几路：一路作为前置左、右声道信号；一路经加法器（L＋R）相加、300Hz～3kHz 带通滤波器滤波后，作为中置声道信号；一路经减法器（R-L）相减、数码延迟混响电路延时后，作为环绕声道信号；另一路经加法器相加、100Hz 低通滤波器滤波后，作为超重低音声道信号。各声道信号再经音量控制和缓冲放大后，送往功率放大器进行音频放大，去驱动各路音箱发声。

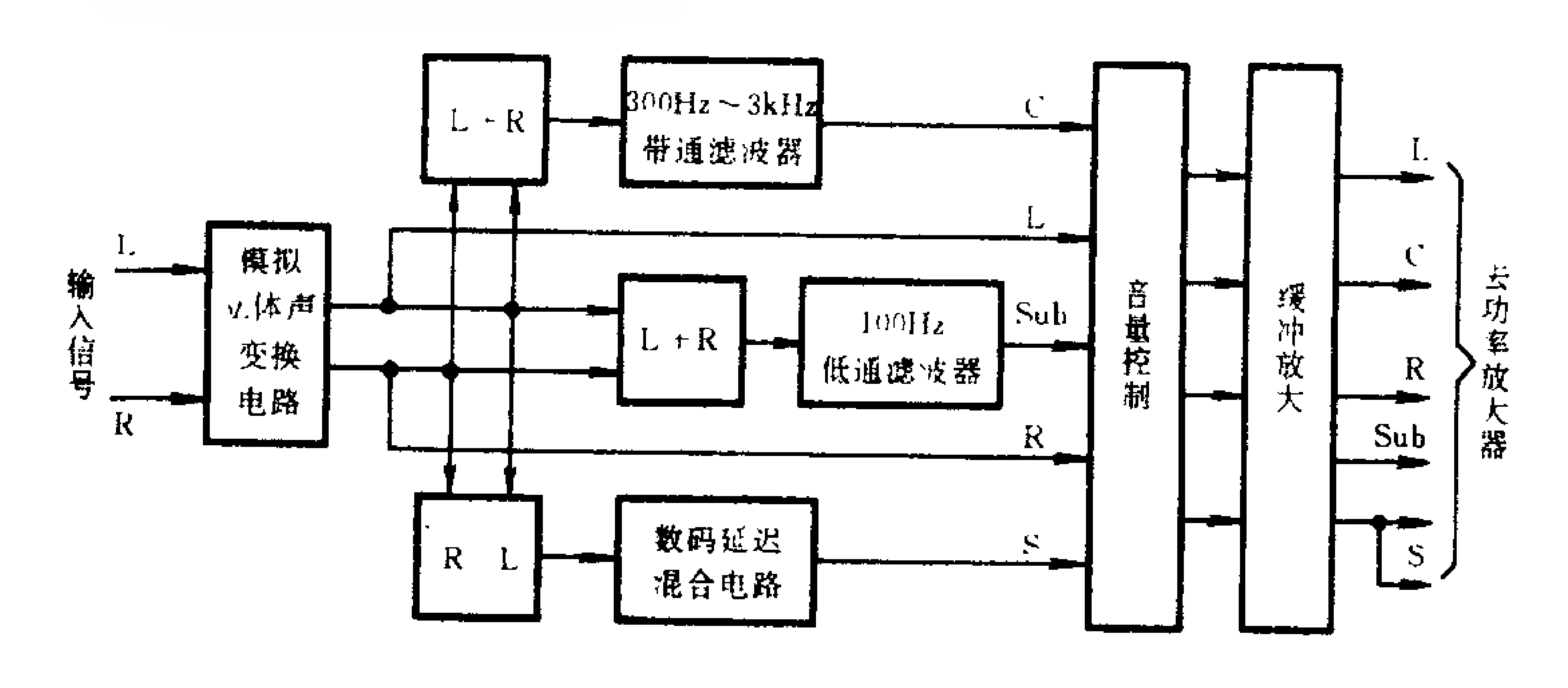


图 11－12　模拟多声道环绕声系统电路结构方框图

九、虚拟杜比环绕声系统

杜比实验室推出了一种虚拟杜比环绕声系统，能够用传统的双声道功率放大器和两只音箱来营造出多声道的杜比环绕声场，使之产生真实的空间感和临场感。该技术并非杜比实验室所专有，但杜比实验室却可以为其他拥有虚拟环绕声技术的公司进行虚拟杜比认证。

目前，已通过虚拟杜比认证的有 SRS 实验室的 Tu Surround 技术、Spatialiger 音频实验室的 N-2-2 技术、Q Sound 室的 Q Surround 技术、Aureal 半导体公司的 A3D 技术、YAMAHA 公司的 YSound 技术、松下公司的 Virtual Sonic 技术、JVC 公司的 3D Phonic 技术、Harman 国际公司的 VMAX 技术、Meaianix 半导体公司的 MED 技术、Matsushita 的 Virtual Sonic 技术、Crystal River Engineering 公司的 Andio Reality 技术等。

虚拟杜比环绕声系统的前半部分为杜比定向逻辑解码器或杜比 AC－3 解码器，后半部分采用"虚拟处理"电路，如图 11－13 所示。杜比编码的音频信号被杜比环绕声解码器解译成互相独立的多声道信号后，环绕声道信号再通过虚拟处理后重新送往前置主音箱，中置声道信号则由幻像产生(被－3dB 衰减后分配加入左、右声道)，最终的输出信号只有左、右两主声道，用两只音箱来虚拟产生 5 个音箱的环绕声效果。

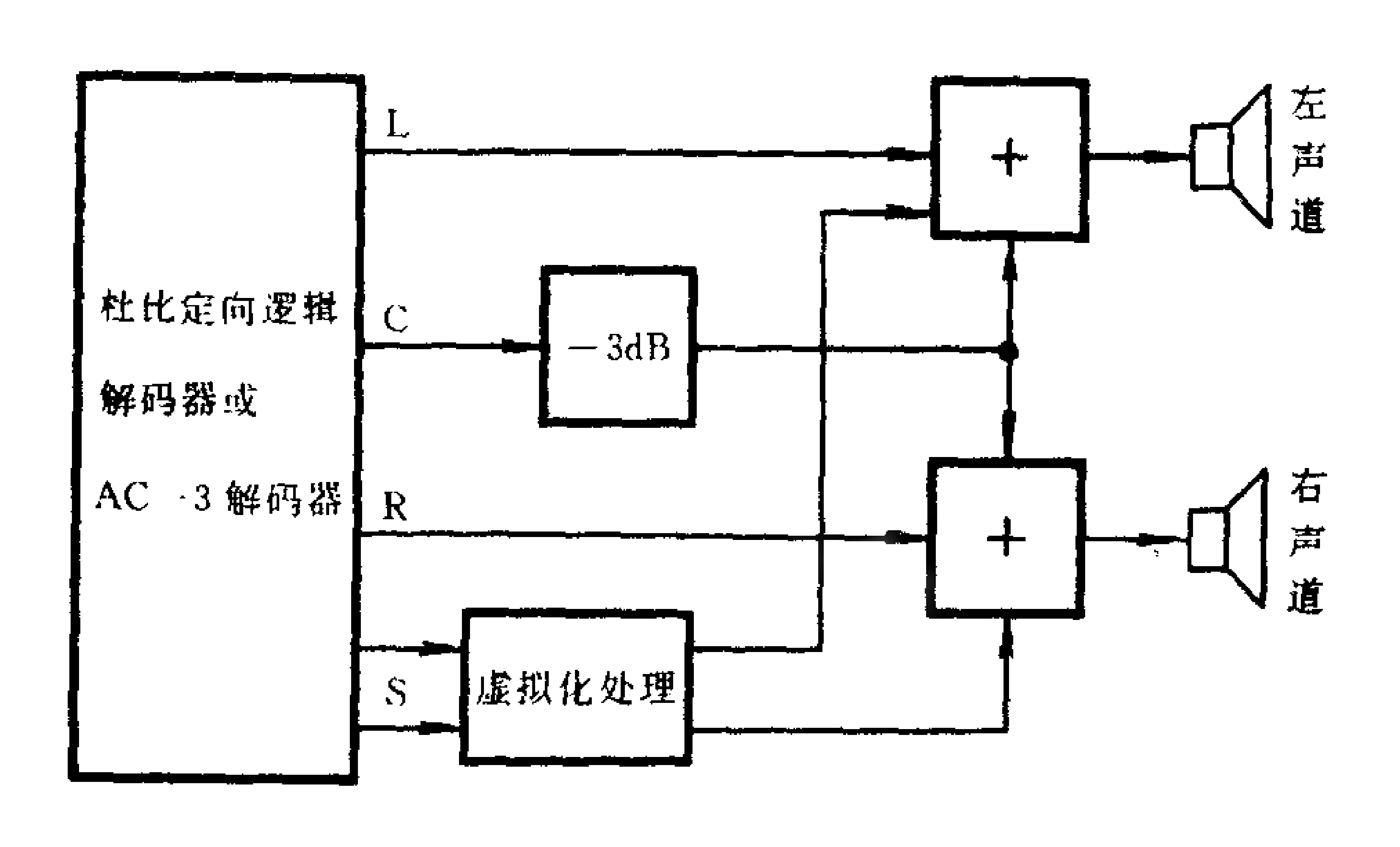


图 11－13　虚拟杜比环绕声系统

十、SRS 三维环绕声系统

SRS 是英文"Sound Retrieval System"的缩写，是美国声学工

程师阿诺·凯尔曼研制的一种"声音传播延时恢复系统",也是SRS实验室的专利技术。它根据人的生理和心理听觉效应,对音频信号进行相位处理和频率补偿,利用双声道立体声来产生三维环绕音效,重现真实的现场立体感。

SRS系统也是一种双声道虚拟环绕声系统,其电路结构方框图如图11-14所示。该电路是将输入的左、右两路音频信号相加(L+R),然后再分别叠加到原左、右声道上,以扩大视听区的宽度(即扩大聆听范围),实现中心控制;将输入的左、右两路音频信号相减(L-R),再进行频率补偿后,加到原左、右声道上,这种反相串音可增宽声像的方位角(即改变声音的空间感),实现空间控制。

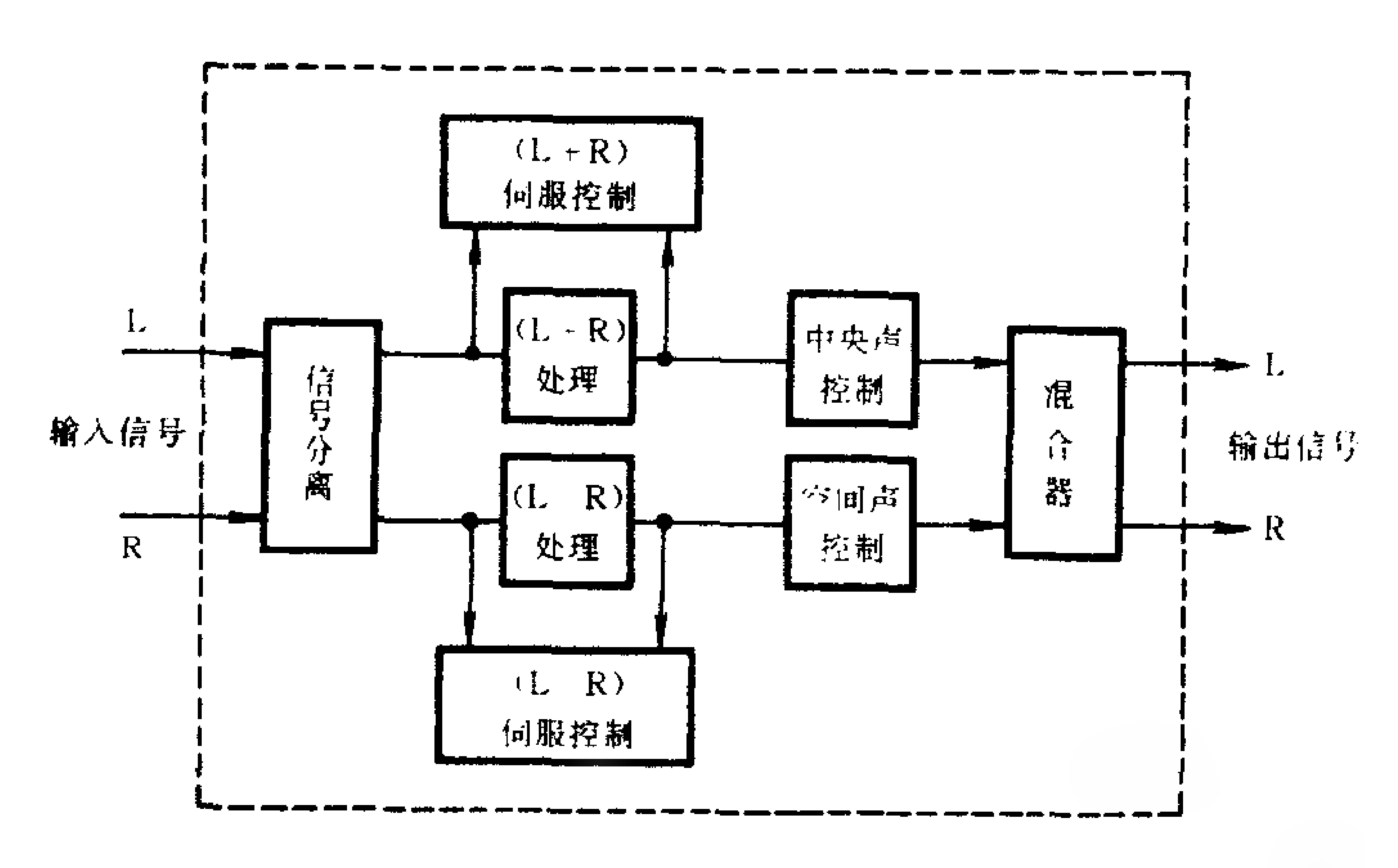


图11-14 SRS系统电路结构方框图

采用SRS技术的处理芯片有SRS5250S、NJM2178、M62430等型号。SRS产品需经SRS公司认证后,才能使用SRS标志(见图11-15),进行生产和销售。

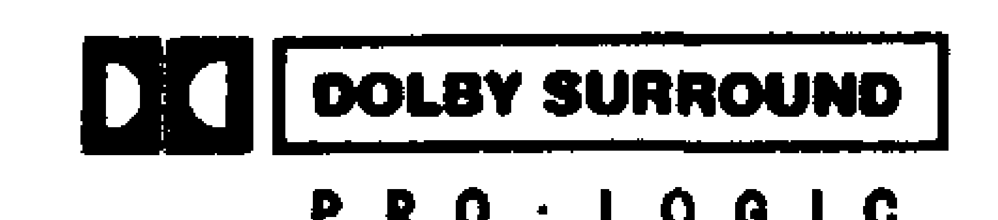


图11-15 SRS标志

SRS 公司还开发出一种"True Surround"(真立体声)技术,已获得杜比实验室的"杜比虚拟环绕声"认证。它可以使用杜比数码环绕声、杜比定向逻辑环绕声及SRS公司的被动式环绕声解码矩阵等方式得到的多声道信号作为输入,利用两只音箱来产生虚拟化的多声道环绕声效果。图11-16是杜比环绕声系统的各种标志。



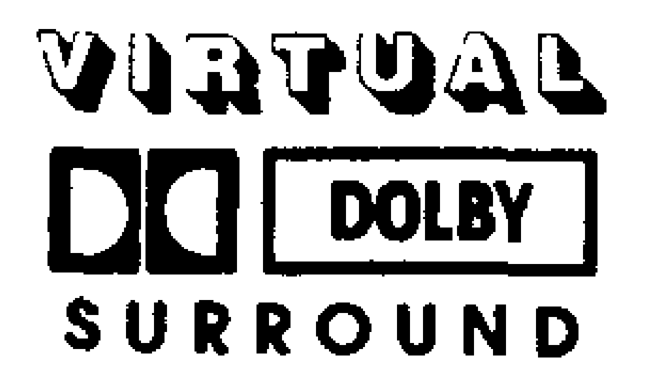
杜比环绕声标志



杜比定向逻辑标志



杜比数码环绕声标志



虚拟杜比环绕声标志



虚拟杜比数字环绕声标志

图11-16 杜比环绕声系统的标志

十一、Spatializer 三维环绕声系统

Spatializer 是美国 Desper 公司针对传统双声道立体声研制开发的、用两只音箱来实现三维空间环绕声的专利技术,主要有3D环绕声音像定位强化技术(Spatialiger 3D)和 N-2-2 数字虚拟环绕声技术。

3D环绕声音像定位强化技术是利用人体双耳效应的时间差和强度差对立体声场进行处理,可人为地将原有立体声场扩展到音箱界限之外,还可将声源精确地定位在三维空间任一点,使听音者获得环绕声场的包围感。采用该技术的处理芯片有HTMS 2510和EMR4.0等。

N-2-2 数字虚拟环绕声技术是采用即时处理运算技术,运用

人类听觉系统的“透视曲线”特性来处理相关的信息。该系统使用两只音箱即可重现多声道环绕声音响效果。该系统可以同样处理杜比数码环绕声、杜比定向逻辑环绕声及 MPEG 环绕声。它还强化了低频音响效果，可提供更为丰富多变的低频信息，还能针对视听室的大小分别设定大、小空间和远、近聆听距离，以获得最佳效果。

Spatializer N-2-2 数字虚拟环绕声技术已获得美国杜比实验室的“Virtual Dolby Digital(虚拟杜比环绕声)”认证。该技术目前可以用 Zoran ZR38600 和 Motorola 56009 等数字环绕声解码芯片来执行。

十二、Q Surround 三维环绕声系统

Q Surround 是加拿大 Q Sound 实验室开发的一种三维定向环绕声增强技术，它可以对双声道立体声进行处理，再利用两只音箱来营造出虚拟的多声道环绕声场；还可以将杜比 AC－3 系统的 5.1 声道输入信号和杜比定向逻辑的 4 声道输入信号变换成 2 声道的输出信号。该系统已获得美国杜比实验室的“杜比虚拟环绕声”认证。采用 Q Surround 处理技术的芯片有 QS7777CF 等型号。

十三、YMERSION TM 三维环绕声系统

YMERSION TM 是日本雅马哈(YAMAHA)公司的一种双声道模拟三维空间环绕声增强技术，其工作原理与 SRS 相似，也是利用人耳对不同方向声音的时间差和强度差的特性，将普通双声道立体声的声场展宽，并利用两只音箱来产生环绕感较强烈的三维立体声。采用该技术的处理芯片有 YSS247 等型号。

十四、BBE 音质增强处理系统

BBE(Barcus Berry Electronics 的缩写)技术是美国 BBE Sound 公司推出的一种声音高分辨率增强技术，能改善语言和音乐的清晰度，使音乐表现力更接近于原汁原味的音乐信号。其最大特色是具有使一般保真度的音响系统转化为高档 Hi-Fi 系统的能力。使用 BBE 技术，需经过 BBE 公司的认证。

BBE 音质增强处理系统不像 SRS 等系统那样对双声道立体声信号进行虚拟处理来产生三维环绕音效，而是针对双声道立体声信号在传输过程中被延时和减少了的谐波分量，对其相位和谐波电平进行校正和提升，这与图示均衡器的控制功能完全不同。它在音频处理过程中，是将中、高音信号进行相应的相位补偿(其中高音信号还要进行幅度补偿)，对低音信号进行可变地提升，从而改善了声音的重放效果，提高了放音的清晰度和解析力。图 11－17 是 BBE 系统电路结构方框图。

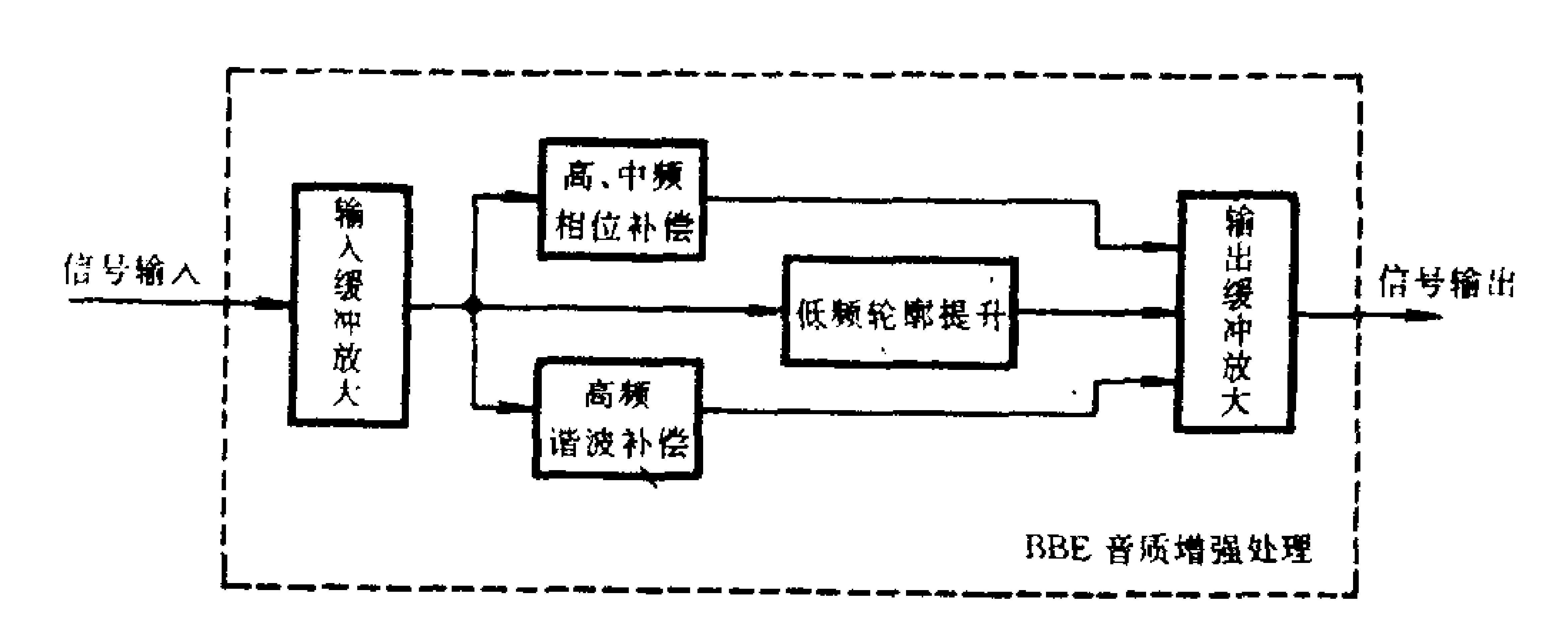
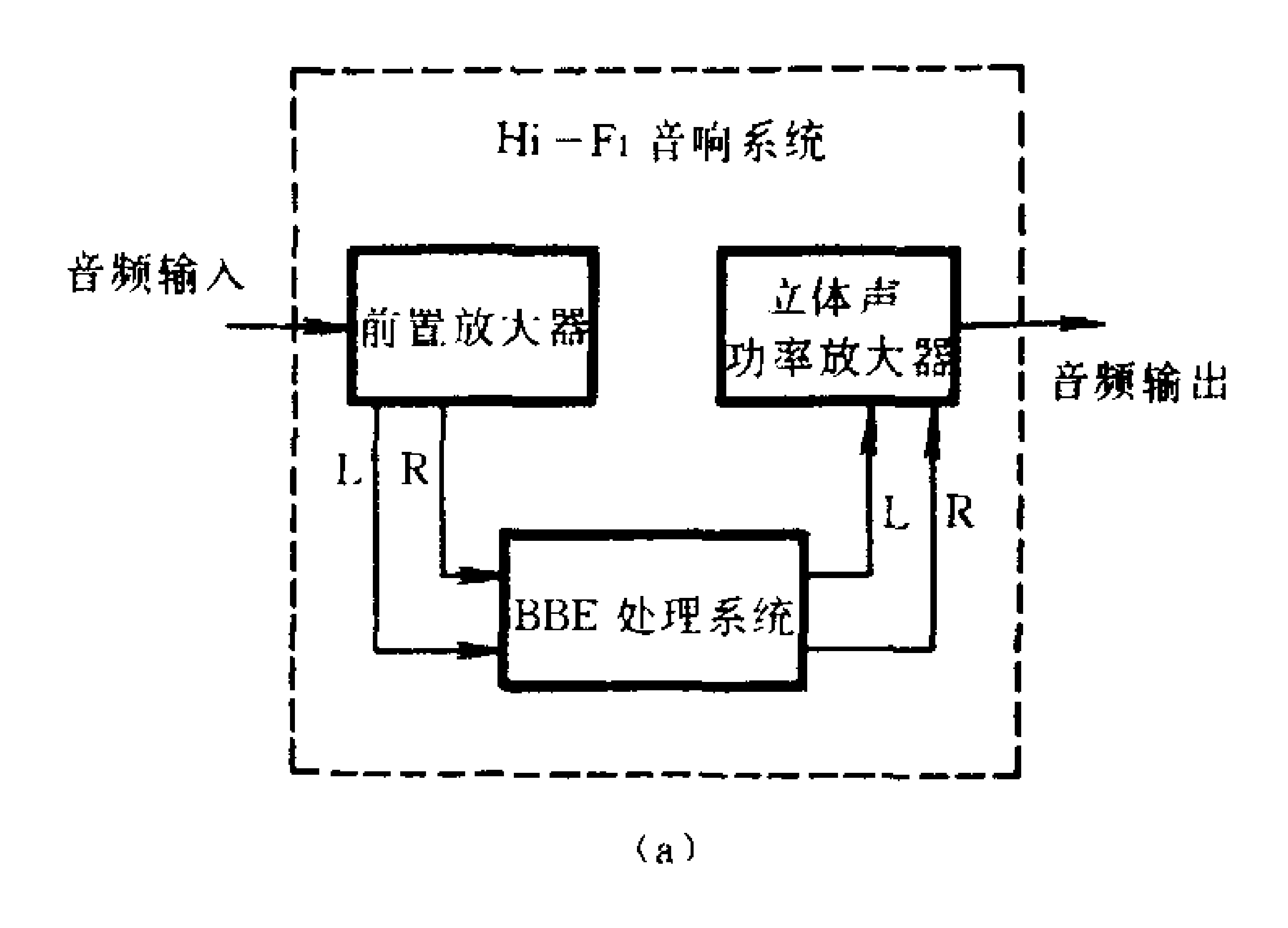
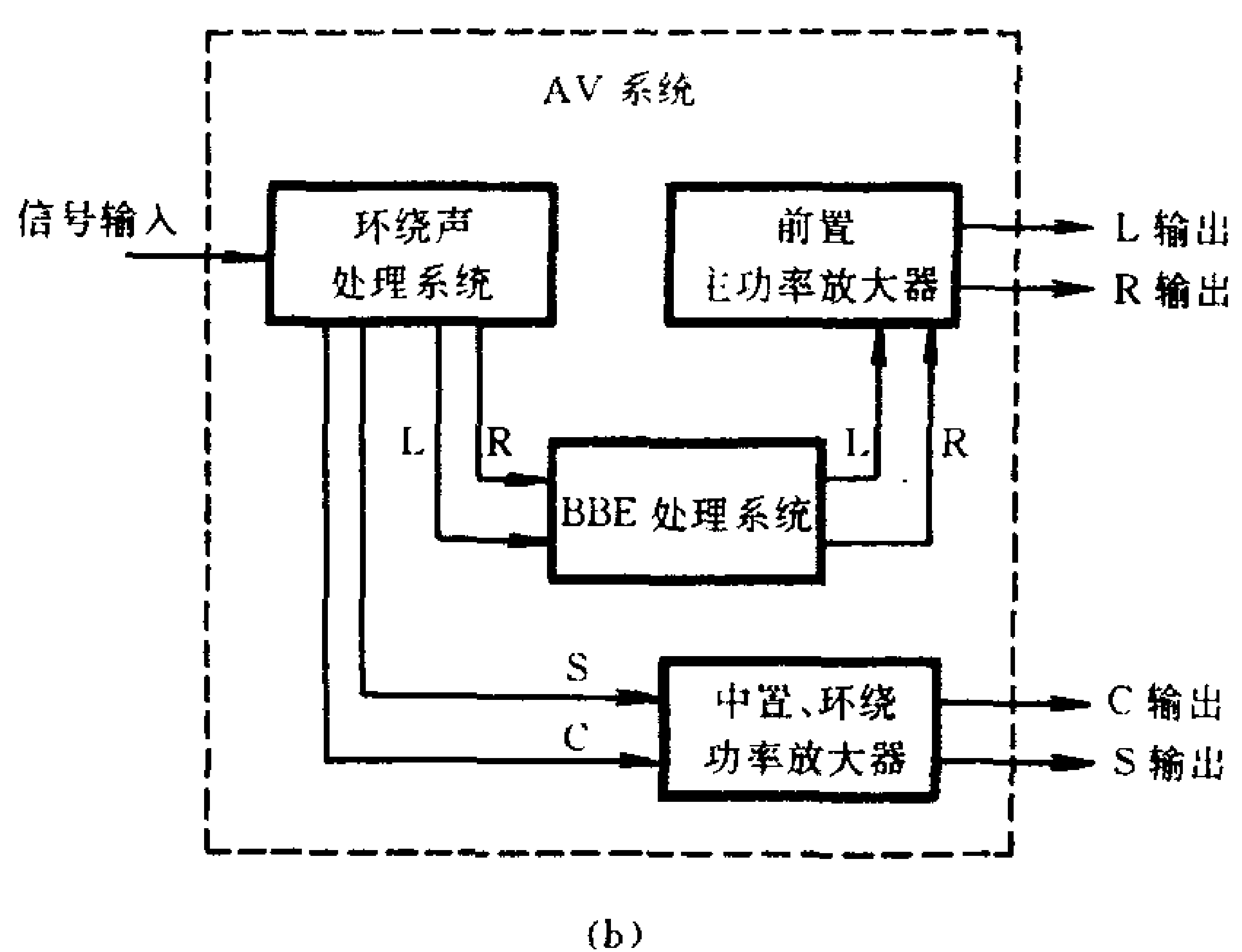


图 11－17　BBE 系统电路结构方框图

BBE 音质增强处理技术可以广泛应用于各种音响系统中。在 Hi-Fi 音响系统中使用时，可接在前置放大器与功率放大器之间；在 AV 家庭影院系统中使用时，可接在环绕声处理系统与功放之间，如图 11－18 所示。



(a)



(b)

图 11－18 BBE 技术的应用

采用 BBE 技术的处理芯片有 BA3884、XR1071、XR1075、M2150A 和 NJM2152 等型号。

十五、Hi-Fi 立体声处理系统

Hi-Fi 立体声处理系统是采用 I^2C 总线技术，用数字化处理方式对立体声音频信号进行控制，获得更理想的高保真音响效

果。

Hi-Fi 立体声处理系统由模式选择器、延迟电路、电子开关、I^2C 控制总线和增益可调运算放大器等组成，如图 11－19 所示。工作时，由外部微处理器通过 I^2C 控制总线对该系统进行音量、高低音均衡、声音模式选择等多种控制。

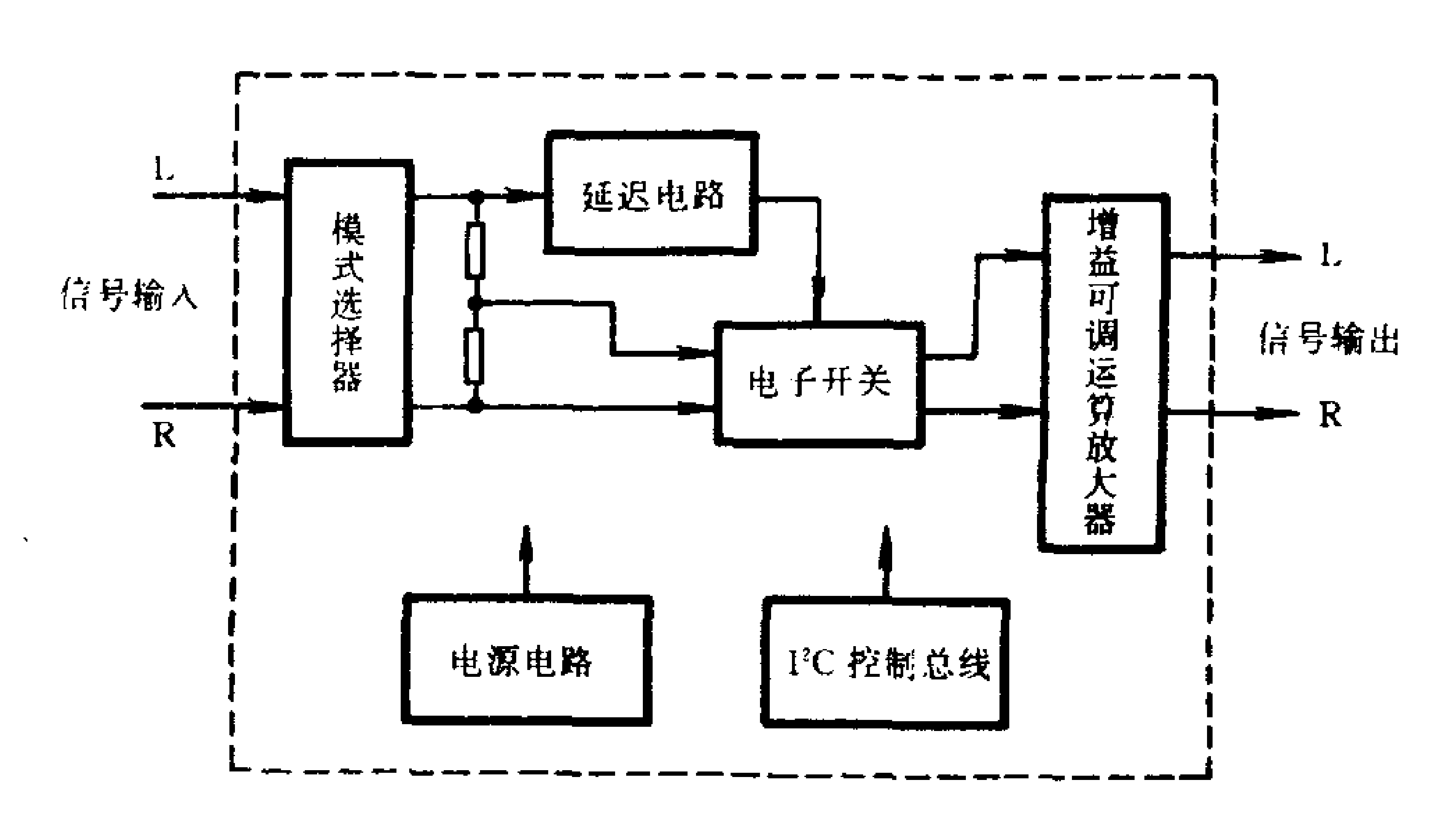


图 11－19　Hi-Fi 立体声处理系统电路结构方框图

声音模式有立体声、环绕声和强制单声道三种。在立体声模式时，左、右声道分别对输入信号控制放大，并保证有 86dB 的隔离度；环绕声模式时，一个声道信号经延迟和衰减处理后，再与另一个声道信号混合后输出，可产生一定的空间环绕声效果；单声道模式时，则左、右两路信号相加后再平分成两路输出。

第三节　节目源及其播放设备

优质的节目源（音源），是实现 Hi-Fi 和 AV 家庭影院系统高保真重放的关键，而用来提供节目源的软件及其播放设备尤为重要。本节对 Hi-Fi 高保真音响系统和 AV 家庭影院系统中各种节目源播放设备的结构、特点等作一简要介绍。

一、Hi-Fi 音频节目源

Hi-Fi 高保真系统的节目源(音源)主要有立体声广播信号、磁带信号、电唱信号和 CD 等数字音频信号。其节目源播放设备有调谐器、录音座、电唱机、CD 唱机、MD 微型录放激光唱机、DDC 数字盒式录音机、DTA 数字磁带录音机及视盘机等。

1. 调谐器

调谐器是一台不包括功放和扬声器的高性能收音系统。其功能是接收无线广播信号,将其还原成音频信号,再送入放大器与音箱系统去重现声音。

调谐器包括调频(FM)和调幅(AM)两部分。FM 部分用来接收频率范围为 88MHz ~ 108MHz 的普通调频广播和调频立体声广播;AM 部分可接收频率范围为 535kHz ~ 1605kHz 的中波广播及 2.2MHz ~ 22MHz 的短波广播。

根据调谐方式的不同,调谐器可分为模拟式和数字式两类。模拟方式采用传统的机械跟踪调谐,数字方式采用微处理器控制下的电子调谐。在目前的 Hi-Fi 高保真音响系统中,普遍采用数字调谐器。

数字调谐器由收音通道和数字调谐系统两部分组成。收音通道包括 AM 高中频电路、FM 高中频电路及立体声解码器,其功能是选择接收所需的电台信号,进行高频放大、混频或变频、中频放大、检波或鉴频及立体声解码后,还原成单声道音频信号或立体声音频信号。数字调谐系统有频率合成和电压合成两种方式,其中频率合成式较为常用。该系统的主要功能是在微处理器的控制下,由锁相环频率合成器产生收音通道所需的本振信号,并对收音通道各调谐回路进行电子调谐,以实现自动搜索选台(自动调谐)和预选记忆(电脑记忆)功能。

调谐器的主要电声性能指标有频率响应、谐波失真、信噪比、灵敏度、选择性和分离度等。家用 Hi-Fi 高保真音响系统中调谐器的频率响应为 40Hz ~ 12.5kHz ± 1.5dB；信噪比 ≥65dB；灵敏度 ≤20dB(信噪比为 50dB 时)；谐波失真 ≤1%；选择性 ≥ +7dB 200Hz，≥ -7dB 300Hz，≥ -20dB 400Hz(频道间隔)；声道分离度 ≥30dB(250Hz ~ 63kHz)，≥20dB(6.3 ~ 12.5kHz)。

2. 录音座

录音座是一台不包括功放和扬声器的高性能盒式录音机，主要由机芯、录放音电路、降噪电路、选曲电路等构成。其基本功能是利用电磁转换原理，在磁带上录制或重放语言及音乐信号，是 Hi-Fi 高保真音响系统的主要音源之一。

高保真录音座(有单卡和双卡两类)一般还具有磁带选择、高速复制、自动放音、循环放音、自动停止、自动选曲或电脑选曲等功能。有的还采用了电子逻辑轻触式机芯、稳速电机、杜比降噪系统和微处理器控制系统等，使录音座的性能更好、操作更简单、自动化程度更高。

录音座的性能指标主要有额定带速平均误差、抖晃率、信噪比、频率响应、谐波失真、声道隔离度等。家用 Hi-Fi 高保真音响系统中录音座的带速误差应 ≤ ±1.5%；抖晃率 ≤ ±0.2%(计权)；信噪比 ≥54dB(计权)；频率响应为 40Hz ~ 12.5kHz 8dB，250Hz ~ 63kHz 5dB；总谐波失真为放音 ≤0.7%，录放 ≤3%；声道分离度 ≥26dB(1kHz)，≥20dB(500Hz ~ 6kHz)。

3. 电唱机

电唱机由拾音器、电动机、传动机构、唱盘、前置均衡器等组成。拾音头有电磁式(较常用)和压电式两种，其作用是将唱针与唱片摩擦产生的机械振动转换为电信号；电动机(有交流和直流之分)的作用是通过传动机构带动转盘转动；唱盘用来托放唱

片；电唱均衡器用来补偿唱头输出信号的频率特性。

电唱机按操作方式可分为手控、半自动和全自动三种。Hi-Fi高保真音响系统中大多使用全自动电唱机，在人工设定好工作方式后，可以进行自动放唱，放唱结束后唱臂自动复位并自动关机。有的采用了霍尔直流电机、电机伺服电路及微处理器技术，还能自动重复放唱、自动检测唱片的尺寸和有无以及自动换唱片等。

电唱机的主要性能指标有频率响应、转盘噪声、灵敏度、声道分离度、信噪比、转速偏差、抖晃率、针压等。Hi-Fi高保真音响系统中电唱机的频率响应为40Hz～12kHz 5dB，63Hz～8kHz 4dB；灵敏度为0.04mV·s/cm～0.16mV·s/cm；声道分离度>20dB(1kHz)；信噪比≥60dB(计权)；转盘噪声≤－26dB；转速偏差≤±1.5%；抖晃率<0.05%，针压≤3g。

4. CD唱机

CD(Compact Disc)唱机又称激光唱机，是一种数字化高保真音源设备。它是利用激光技术对音频信号进行记录和读取，激光头与光盘不接触，无摩擦噪声，也不会磨损。

CD光盘（碟片）直径为120mm，厚1.2mm，中心孔直径15mm，节目开始处直径50mm，节目终止处直径116mm，碟片基板材料为PC塑料。采用EFM(8-14)调制数码记录方式、数据传输速率及帧编码数据结构。记录时，音频先经A/D变换器变成数字信号(PCM脉冲编码调制信号)，再经里德·所罗门CIRC交叉交织处理，将具有特定规律的数字编码信号有秩序地穿插在音频数字信号中，同时将数字信号分成若干帧(单元)，每帧加入帧同步信号。重放时，通过对同步信号、纠错信号的检测，判断所重放的信号有无失落或是错误，并能用数字计算的方法进行误码纠正。

CD信号格式：取样频率为44.1kHz；量化比特数为16bit线性/声道；二进制数形式为补码；CIRC纠错编码方式；EFM(8-14位调制)方式；比特率为4.3218Mb/s。

CD唱机由机芯、光电信号处理器、伺服控制电路、数字信号处理器、系统控制电路、音频D/A变换器、音频输出电路和电源电路等组成。

机芯用来驱动激光头和主轴电机动作。光电信号处理器(由激光头和RF放大器等组成)的作用是将激光头拾取的信号进行放大处理后分成三路：一路送往数字信号处理器进行EFM解码；一路送入锁相环路再生位时钟信号；另一路送到伺服电路去与位时钟信号进行相位比较，产生使主轴线速度恒定的伺服误差信号和循迹信号。伺服电路(包括主轴伺服、聚焦伺服、循迹伺服和进给伺服)的作用是控制主轴电机以恒线速度驱动光盘运转，同时保证激光头能准确地拾取光盘上的音轨信息。数字信号处理器的作用是将RF信号进行EFM解调、帧同步信号检出及CIRC纠错解码处理，对主轴电机进行恒线速(CLV)控制。音频D/A变换器将EFM解调后的数字信号变换成模拟音频信号，再经音频输出电路处理后，送至音频放大器。系统控制电路是CD机的控制中心，它根据键控指令和机器的状态检测，对整机进行自动控制。

CD唱机的性能指标：频率响应为20Hz～20kHz±5dB；动态范围>90dB；信噪比>90dB；声道分离度>90dB；谐波失真<0.005%。

5. MD微型录放激光唱机

MD是英文"Mini Magnetic Optical Disc"的缩写，其意为微型磁光盘机。它是继CD唱机之后开发的新一代微型数字音频光盘录放系统，采用非线性的自适应变换声学编码ATRAC(代替

CD 的线性编码)、防震缓冲存储器、改进型里德·所罗门纠错编码(ACRIT)、磁场调制重写等技术和双功能激光拾音器,大大降低了传码速率,可在直径 64mm 的光盘上录放 74 分钟的高保真音频节目信号。

MD 机有单放型和录放型两种。其使用的光盘也有预录式只读光盘(实际上是微型化了的 CD 碟片)和可录式磁光盘两种。磁光盘采用磁场调制技术,以数字记录方式记录模拟的或数字的音源,可重录 100 万次以上。录音时,上面加磁场,下面加激光束;播放时,通过激光头检测所反射激光束的偏振变化拾取光信息。

MD 机为双声道立体声音频系统,其主要性能指标为:频率响应 5Hz ~ 20kHz ± 5dB;动态范围 105dB;谐波失真 ≤0.05%;信噪比 ≥80dB;声道分离度 ≥92dB。

6. DCC 数字盒式录音机

DCC(Digital Compact Cassette 的缩写)数字盒式录音机是一种能兼容模拟盒式录音机(ACC,录音座)的新型数字音源设备。它采用 PASC 高效压缩编码技术、C1/C2 双重里德·所罗门纠错编码方式和薄膜固定磁头,可以在与模拟盒式磁带 ACC 同样尺寸的磁带上,用数字方式进行高质量的录音和放音,其性能指标较模拟盒式录音机更高。它还具有文字信息显示(如显示曲目、曲号、曲词作者介绍及歌词等)和随机选曲播放等多种功能。

DCC 数字盒式录音机的频率响应为 20Hz ~ 22kHz ± 0.2dB,动态范围 ≥92dB,信噪比 ≥90dB,谐波失真 ≤0.005%,声道分离度 ≥85dB。

7. DAT 数字磁带录音机

DAT(Digital Audio Tape-recorder 的缩写)数字磁带录音机采用 PCM 脉冲编码调制技术,先将输入的模拟音频信号变换成数

码信号，再进行调制处理，最后经电—磁转换记录在磁带上。重放时，通过解调和数/模(D/A)转换，变成模拟音频信号送往音频放大器。与模拟磁带录音机相比，DAT数字磁带录音机的性能更好，放音效果更佳，但两者不能兼容。

DAT数字磁带录音机有R-DAT和S-DAT两种规格。R-DAT使用旋转磁头，S-DAT使用薄膜固定磁头。R-DAT和S-DAT两种磁带的外形尺寸不同，不能互换使用。

DAT数字磁带录音机的频率响应为20Hz~22kHz，动态范围≥96dB，谐波失真0.004%，信噪比≥95dB，声道分离度≥90dB。

二、AV节目源

AV家庭影院系统的节目源(AV信号源)主要有视盘信号、录像信号和电视信号等。其节目源播放设备有VCD、CVD、SVCD、LD、DVD视盘机和VTR录像机、CATV有线电视、VOD影视点播系统、DBS直播卫星电视系统等。

1. VCD视盘机

VCD是英文“Video Compact Disc”的缩写，其意为视频光盘或激光小影碟。它采用MPEG-1技术标准对音频、视频进行压缩处理(视频信号的压缩比为1/25~1/200，音频信号的压缩比为1/6)，其图像质量较好，水平清晰度达250线，音频接近CD的效果，优于录像机。

VCD光盘与CD光盘的外形尺寸、基板材料、记录方式相同，只是数据存放区域和方法不同。它是将CD光盘上每帧用于存放立体声音乐的24个字节采用单元组合的方式来存放图像和伴音数据(利用激光束将表示图像和声音的信号以凹坑形式刻录在特制的圆盘上)，每张光盘可记录(单面记录)74分钟

的活动图像及声音信息。

VCD 机也只是在 CD 唱机的基础上增加了 MPEG－1 解码电路和相应的系统控制电路。

MPEG 是英文 Moving Pictures Experts Group 的缩写，是 IEC 国际电工技术委员会和 ISO 国际标准化组织联合建立的一个“影视专家小组”，也是“数字视频音讯压缩标准”的代名词。MPEG－1 属于民用级的压缩标准，其任务是将视频信号及其伴音可以接受的重建质量压缩到约 1.5Mb/s 的码率，并复合成一个单一的 MPEG 位流，同时保证视频和音频的同步。它强调了视频及音频信号的压缩、解压缩和同步，有系统标准、视频、音频和一致性测试四部分，详细地规定了 VCD 的各种技术指标，包括数据格式、运算法则、运行程序及各项规格参数等。

VCD 机大多数采用日本索尼机芯和荷兰飞利浦机芯，使用的解压芯片也多是 C—Cube 公司（有 CL480、CL482、CL484、CL680 等型号）和 ESS 公司（有 ES3210、ES3207、ES3209 等型号）的产品。

VCD 机的图像水平清晰度为 250 线左右，视频信噪比＞40dB，频率响应为 20Hz～20kHz±0.3dB，音频信噪比＞80dB，动态范围＞80dB，总谐波失真＜0.01％。

2. CVD 视盘机

CVD 是英文“China Video Disc”的缩写，其意为中国视盘或中国的 VCD。它与普通 VCD 相比，图像的清晰度和音频效果大为改善，是普及型家庭影院系统的优选节目源之一。

CVD 是由爱多、先科、长虹、万利达、厦新、步步高、金正、帝禾等公司与美国 C-Cube 公司联合开发的。它在不改变现有 CD 类光盘格式的基础上，以 VCD 2.0 版本为导航软件，采用了 VBR（Variable Bit Rate）可变速率技术和 MPEG－2 解压缩标准，可兼

容 1/2D1(图像水平分辨率 260 线左右)和 2/3D1(图像水平分辨率 350 线左右)两种格式。采用了 Lyrics(高清晰图形字幕)技术,可最高支持四种文字字幕,并能提供四种颜色可滚动的高清晰度字幕。音频系统可支持四路单声道(或两路立体声)和四种语言,还可处理 MPEG－2 5.1 声道环绕声信号。

CVD 光盘与普通 VCD 光盘的材料、坑点密度和深度、音轨间距完全一样,目录文件结构也大体相当,只是音视频信号编码压缩方式不同,数据码率不同。它采用双倍速机芯,提供最高 2.6Mbps 的数据码率,每张光盘可记录 45 分钟左右的图像和声音信息。

CVD 的 MPEG－2 解码芯片主要是 C-Cube 公司提供,型号有 CVD－1、CVDX、CVD－2 等。可向下兼容 VCD 和 CD 等。

3. SVCD 视盘机

SVCD 是英文"Super Video Compact Disc"的缩写,其意为超级 VCD。和 CVD 一样,SVCD 也是 VCD 的更新换代产品或说是清晰度介于 VCD 和 DVD 之间的过渡型产品。

SVCD 由原中国电子工业部提出,中国录制化标准委员会联合有关专家、国内著名企事业单位(如新科、万燕、上广电等)研制开发的新一代数字视听产品。

SVCD 也采用与 CVD 相同的 VBR 可变速率编码、MPEG－2 解压缩技术和高清晰度叠加图文技术,加强了交互功能,提高了音响效果。但在图像分辨率格式兼容性上存在分歧。SVCD 只规定 2/3 D1(图像水平分辨率为 350 线左右)格式,每张光盘上可记录 35 分钟左右的图声信息。可兼容播放 CVD、VCD 和 CD 光盘。

SVCD 标准是电子行业第一个由中国人自己研究制定的产品标准。为了规范市场,统一标准,在《SVCD 系统技术规范》标

准实施后，CVD 的所有技术标准均应参照 SVCD 标准，其名称也将改为 SVCD。

目前，各大芯片生产商(美国 Zoran 公司、ESS 公司、Luxsonor 公司等)也积极推出了第三代 MPEG - 2 解压芯片用于 SVCD，主要有 ZR36205、ES4108 + ES3883、SVD1811 等型号。

4. LD 视盘机

LD 是英文“Laser Disc”或“Laser Vision Disc”的缩写，其意为激光视盘或激光影碟。它在市场上比 CD 出现得还早，但受到软硬件价格偏高、体积偏大等因素限制，一直只用在卡拉 OK 影院等讲究播放质量的专用场合，未能大面积普及，国内也无生产厂家，均是进口机。其图声质量均较普通 VCD 好，是中、高档 AV 家庭影院的节目源之一。

LD 光盘与 VCD 光盘相比，外形尺寸、碟片厚度及信号记录方式均不相同。LD 光盘有 20cm 和 30cm 两种规格(有单面与双面)，还有 CAV(恒角速)与 CLV(恒线速)之分。LD 光盘也是采用激光记录技术，但其图像信号采用 FM 模拟方式录制，伴音信号采用 FM 模拟和 EFM 数字两种方式录制。

LD 机与 VCD 机相比，机械系统增加了高度电机、倾斜电机及激光头翻转等控制机构，电路中增加了相应的伺服电路(高度伺服、倾斜伺服、切向伺服等)，音频与视频处理电路也与 VCD 有所不同。只有增加 VCD 的 MPEG - 1 解码和相应的音视频处理、控制电路，才能兼容播放 VCD。

LD 机的图像水平清晰度为 425 线，视频信噪比 > 48dB，音频信噪比 > 98dB，动态范围 > 95dB，频率响应 20Hz ~ 20kHz ± 0.5dB，总谐波失真 < 0.05%。

5. DVD 视盘机

DVD 是英文“Digital Video/Versatile Disc”的缩写，其意为数

字化多用激光视盘，是一种较 LD、VCD 性能更好的数字视听产品。

DVD 光盘直径为 120mm，厚度为 1.2mm，单面存储容量为 4.7GB，光道间距为 0.74μm，激光波长为 650nm/635nm，光学透镜的数值孔径为 0.6，纠错处理技术采用 Read Solomon 产品码 (RS-PC)，信号变换处理为 ESM(8～16 调制)。对视频和音频的数据传输速率是可变的，其平均传送率为 4.69Mb/s。视频采用 MPEG－2 数码图像压缩标准，图像水平清晰度可达 500 线以上，可适用于 4:3、16:9 或信箱式、拉移式等宽高比观看方式，还可以在同一碟片上录制多角或多情节的图像。音频采用 5.1 声道杜比 AC－3 编码，对 NTSC 还兼容线性 PCM 编码(最多可存储 8 个音频通道和 32 个副画面字幕说明通路)；对 PAL 制、SECAM 制的音频处理则采用 MUSICAM 多通道音频编解码系统。

DVD 光盘分为单面单层(记录容量为 4.7GB)单面双层(记录容量为 8.5GB)、双面单层(记录容量为 9.4GB)和双面双层(记录容量为 17GB)四种类型。单面播放时间为 133 分钟(包括 3 种语言通路和 4 种语言文字说明)。

MPEG－2 标准是图像和声音信号的数字化基础标准。图像压缩采用了运动补偿、分块化 DCT、双向预测编码图像、可变长度编码、场/帧自适应预测、块量化画面控制和可分级化技术，其图像分辨率和传送率均比 MPEG－1 高，且能按照画面来改变传送速率，对变化较快的图像采用较高的传送速率，变化较慢的图像采用较低的传送速率。图像信号的时间冗余信息也是利用运动补偿预测编码去掉的。音频压缩与 MPEG－1 基本相同，但其总压缩比较 MPEG－1 高，可达 1/10。MPEG－2 是将图像、声音及有关控制数据进行系统编码，以打包多工方式组成一个码流(比特流)再传输或记录下来。

DVD机的结构与VCD机类似，是由DVD光盘读出机构、伺服控制处理器、数字信号处理器、MPEG－2解码器、杜比AC－3解码器和CPU控制系统等组成。它的机芯结构较VCD和LD机更为精密，采用了短波长激光二极管和增大了数值孔径物镜的双焦点两用激光头，可以兼容播放DVD、VCD和CD光盘。

另外，为保护知识产权，防止盗版泛滥，DVD的软件及DVD机均编注了不同地区的识别码，全球分成六个发行区（中国大陆为第六区）各区的DVD机只能播放同区号的DVD光盘。

6. VTR录像机

VTR（英文Video Tape Recorder的缩写）录像机是记录图像和声音的磁记录设备，它以磁带为载体，通过磁头采用螺旋扫描方式来拾取磁迹信号。录像机主要由机械系统、视频信号处理电路、音频信号处理电路、伺服电路、系统控制电路、调谐器电路、射频电路和电源电路等组成。

录像机按其发展历程，可分为普通录像机（有VHS和Beta两种方式）、Hi-Fi高保真录像机、HQ高画质录像机、S-VHS高画质录像机、D-VHS数字录像机和DVC数字录像机。录像机的影音效果总体来看不如激光视盘机，但它可以将自己喜欢的电视和影碟节目录制并保存下来，高保真、高画质录像机和数字录像机也是AV家庭影院的较好节目源播放设备。

7. CATV有线电视

CATV（英文Cable Television的缩写）有线电视是一种以光缆为主，用于满足对电视节目多样化要求的信号源系统。它由前端处理、信号传输和终端处理等设备组成。

前端处理设备包括广播电视接收天线、卫星天线及相应的接收处理设备、多路混和放大器、自办节目设备（如录像机、影碟机等），由多路混合放大器将各输入信号进行调制混合。信号传

输有同轴电缆、光纤(光缆)和开路微波(MMDS)三种方法。终端处理设备有终端放大器(也称带宽放大器)和分支分配器,其作用是放大有线电视信号,并把它分成若干路,供给各路不同衰减的分支器分配给用户收看。

CATV 有线电视通常采用 300MHz 或 550MHz 邻频传输,有 38 个增补频道,主要分布在无线电视 5 频道 ~ 6 频道(92MHz ~ 167MHz)及 12 频道 ~ 13 频道(223MHz ~ 470MHz)之间的通讯或其他用途的频率上。增补频道的启用同样要求用户终端的电视机具有 CATV 有线电视增补频道的接收功能。

8. VOD 影视点播系统

VOD 是英文"Video On Demand"的缩写,其意为按照用户的要求播放影视节目,是一种综合了有线电视、电脑和电话技术的新型交互式影视点播系统。它以信息传输网络为基础,可按观众的要求提供影视节目、数据、资料、文字等多媒体信息检索服务。用户可通过家中的电话和点播器,方便地查询存储在 VOD 系统中的影视节目目录,并能从中选择出自己喜欢观看的节目,并让其按指定的时间显示在电视屏幕上,供自己欣赏。

9. DBS 直播卫星电视系统

DBS 是由提供卫星节目的商家在节目制作中心采用数字压缩(MPEG - 1 或 MPEG - 2)和加密技术制作成各类节目(这些节目分成加密付费和不加密免费两类),然后由发射节目的地面站通过上行链路向专用卫星的指定转发器发送节目,再由直播卫星通过下行链路将节目播送至千家万户。这种 DBS 系统在美国、日本和欧洲已投入运行,相信在不久的将来,我国也会开发出自己的 DBS 系统,让丰富多彩的卫星电视节目直接进入家庭,为 AV 家庭影院增加新的节目源。

第四节　音频放大器

音频放大器俗称功放，其作用是将节目源播放设备送来的音频信号进行多级放大处理，产生足够的输出功率（扩音）去推动各路扬声器发声。

Hi-Fi 高保真音响系统的音频放大器（又称 Hi-Fi 功放或发烧功放）和 AV 家庭影院系统的音频放大器（又称 AV 功放或 AV 放大器）均是由前置放大器和功率放大器两部分组成。所不同的是，Hi-Fi 功放是双声道立体声，其前置放大器与功率放大器之间通常还插入图示均衡器；而 AV 放大器是多声道环绕立体声，且其前置放大器还具有环绕声解码处理和 AV 信号源选择功能。

一、Hi-Fi 功放

Hi-Fi 功放有分体式和合并式两种。分体式 Hi-Fi 功放的前置放大器（简称前级放大器）和功率放大器（简称后级放大器）是分开的，装在各自的机壳内；合并式 Hi-Fi 功放的前、后级放大器均装在同一机壳内。

Hi-Fi 功放的元器件比较考究，制造工艺也十分严谨，电路设计突出“简洁至上”。例如，电源变压器多采用高品质、大容量的 R 型或环型变压器，滤波电容达几万微法，以确保电源容量充足；电源部分在装配时单室屏蔽，避免干扰小信号和放大电路工作。采用平衡传输放大技术，标准双单声道分室结构设计，左、右声道相互隔离、独立供电、独立控制，可避免地线环路引入的交流噪音。

1. Hi-Fi 前置放大器

Hi-Fi 前置放大器的主要功能是对各种节目源信号进行选择与处理,将较微弱输入信号的电压增益放大至额定电平,以满足功率放大器的输入要求。还要进行各种音质控制(如音量控制、等响度控制、音调控制、声道平衡控制及高低频噪声抑制等),使音响系统在音频范围内具有较平坦的频响特性,在实现高保真重放音质的同时,还可根据聆听者的爱好来修饰与美化声音。它对改善整套音响的特性,起着至关重要的作用。

前置放大器的基本电路结构如图 11-20 所示。

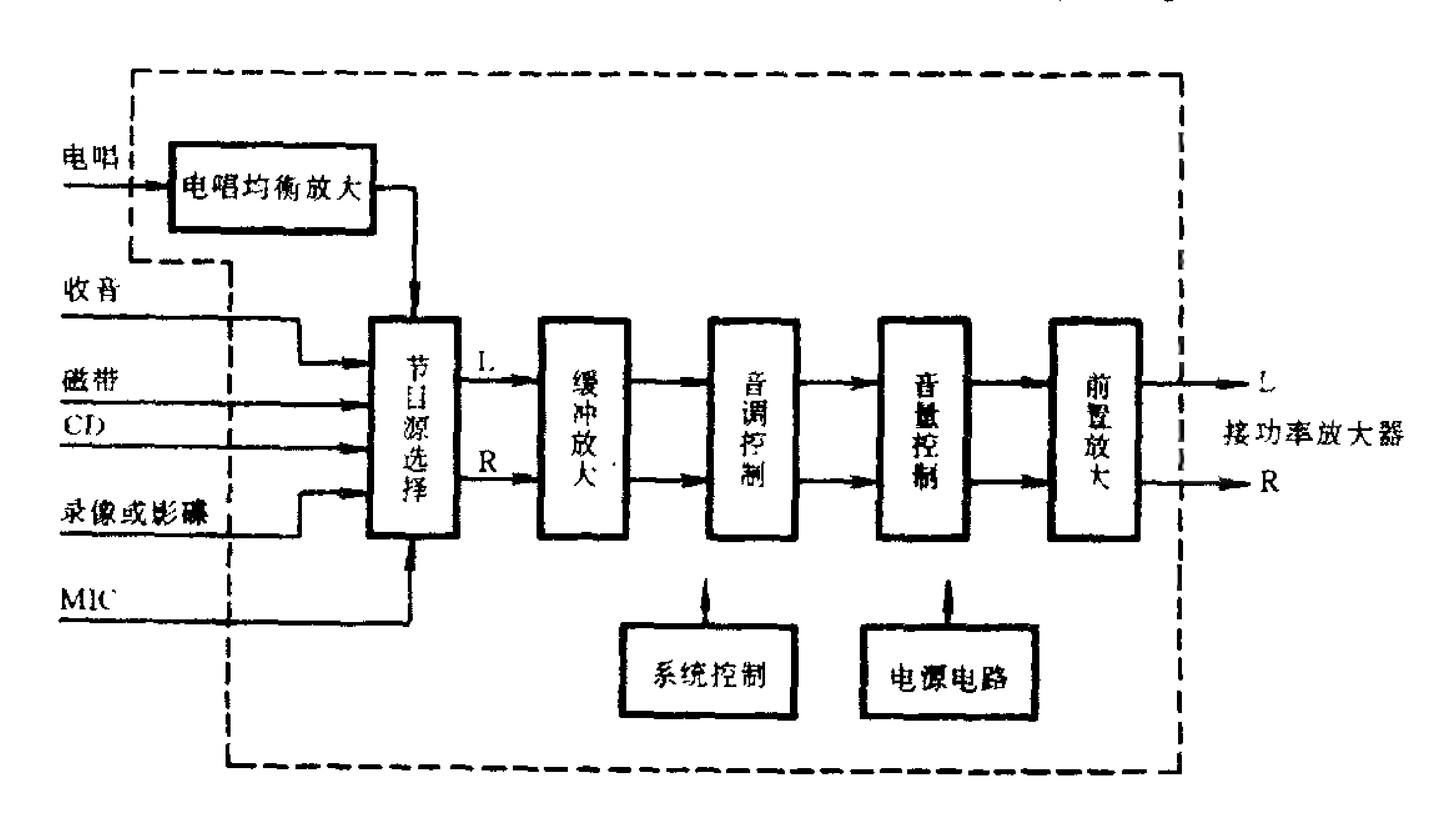


图 11-20 前置放大器电路结构方框图

2. Hi-Fi 功率放大器

Hi-Fi 功率放大器主要由输入电压放大级、激励级、功率输出级、保护电路和电源电路组成,如图 11-21 所示。

输入电压放大级用来提供足够的电压增益;激励级用来提供足够增益的推动电流;功率输出级用来产生足够的不失真功率;保护电路用来保护扬声器和输出级功率管不被损坏;电源电路用来提供足够功率的直流工作电压。

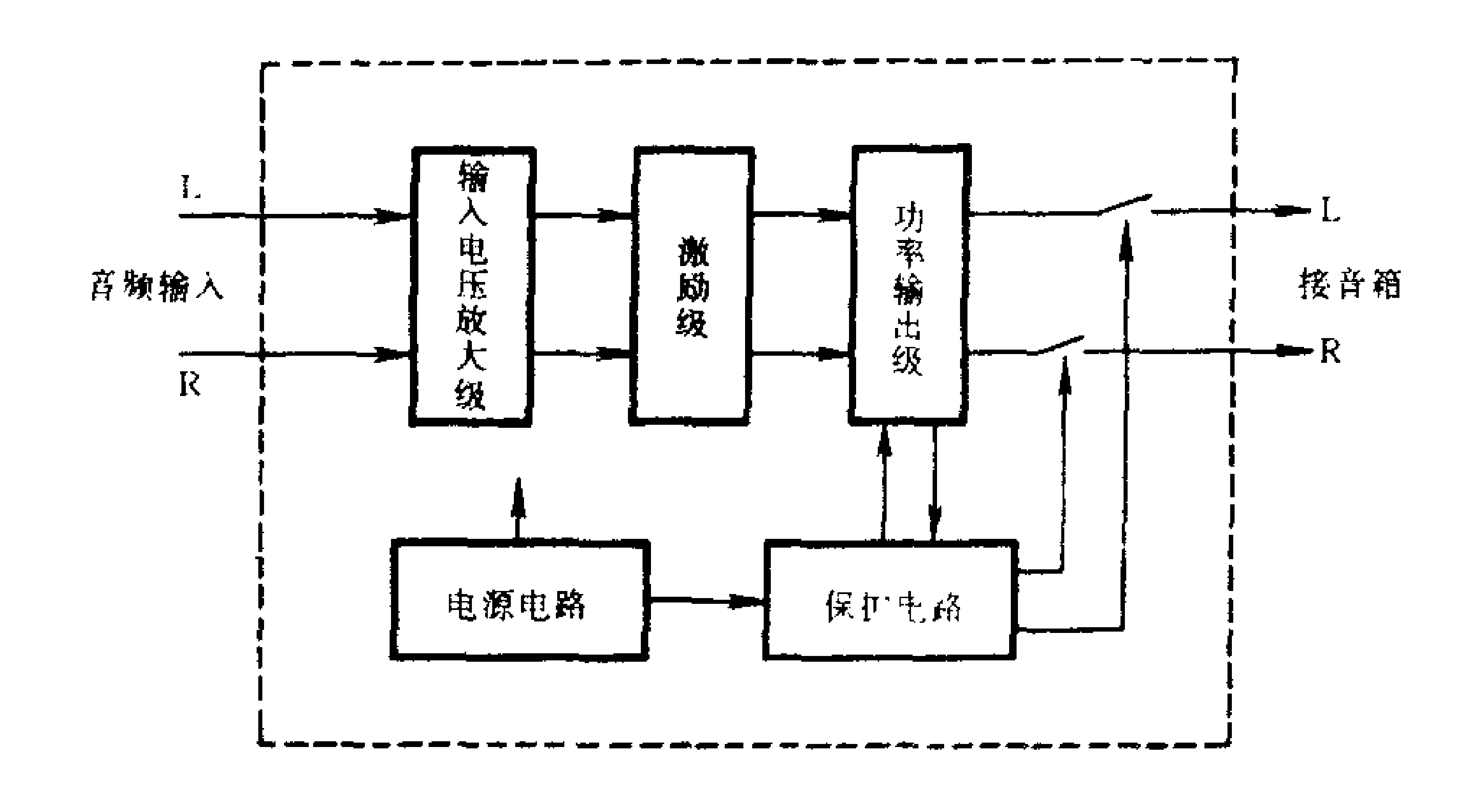


图 11－21　功率放大器电路结构方框图

3. 图示均衡放大器

原则上讲，用于欣赏音乐的 Hi-Fi 功放，在设计方面是以不加修饰和还原原始声源为目的，讲究"原汁原味"地放大信号源给出的信号。但一首完美的音乐作品，在不同的听音环境或用不同档次、不同音色的音响设备重放时，人们听到的音响感觉也不一样。由此可见，环境因素和设备条件对音响效果有着不可忽视的影响。

图示均衡器又称多频段音调控制器，它可在整个音频范围内分段调整音响系统的频率特性，不仅能补偿各种节目信号中不足的频率成分，也能抑制过强的频率成分，还能准确地校正音频设备产生的频率畸变，补偿建筑声学的不足，均衡房间的传输响应、改善信噪比，美化与修饰音乐的各个细节，最终获得满意的音响效果。

图示均衡器实际上是一个具有多个不同中心频率的带通增益控制放大器，按其控制方式可分为手控图示均衡器和电子图示均衡器。图示均衡器可以是独立的整机，也可与前置放大器或功率放大器合并成图示均衡放大器。在使用中，图示均衡器

接在前置放大器与功率放大器之间,可通过均衡器上的均衡/直通开关来控制其工作状态。

4. HDCD 解码器

HDCD 是英文"High Definition Compatible Digital"的缩写,其意为"高解像度兼容数码技术",是由美国 Pacific Microsonics 公司研制推出的一种 CD 数码新制式。

HDCD 采用新的数码录音技术,将母带上的模拟音频信号以超过传统 CD 制式(44.1kHz,16Bit)的高解析力编成数码信号送入 HDCD 编码器。HDCD 编码器将全部信号以连续即时处理方式筛选后,分成传统 CD 音轨所能容纳的部分和超出的信号部分。对超出信号部分记录在传统 CD 的隐藏式指令音轨内,以便能与现有的 CD 系统相兼容。

HDCD 解码器由数字滤波器和 HDCD 解码电路两部分组成。在播放普通 CD 光盘时,数字滤波器工作,HDCD 解码电路不工作;当播放以 HDCD 方式录制的 CD 光盘(均由 CD 唱机来播放)时,HDCD 解码器会自动检测到 CD 光盘隐藏式指令音轨中的信号,并将其还原成高解析度信号,经数模变换后输出。图 11-22 为 HDCD 解码器与音响系统的连接图。

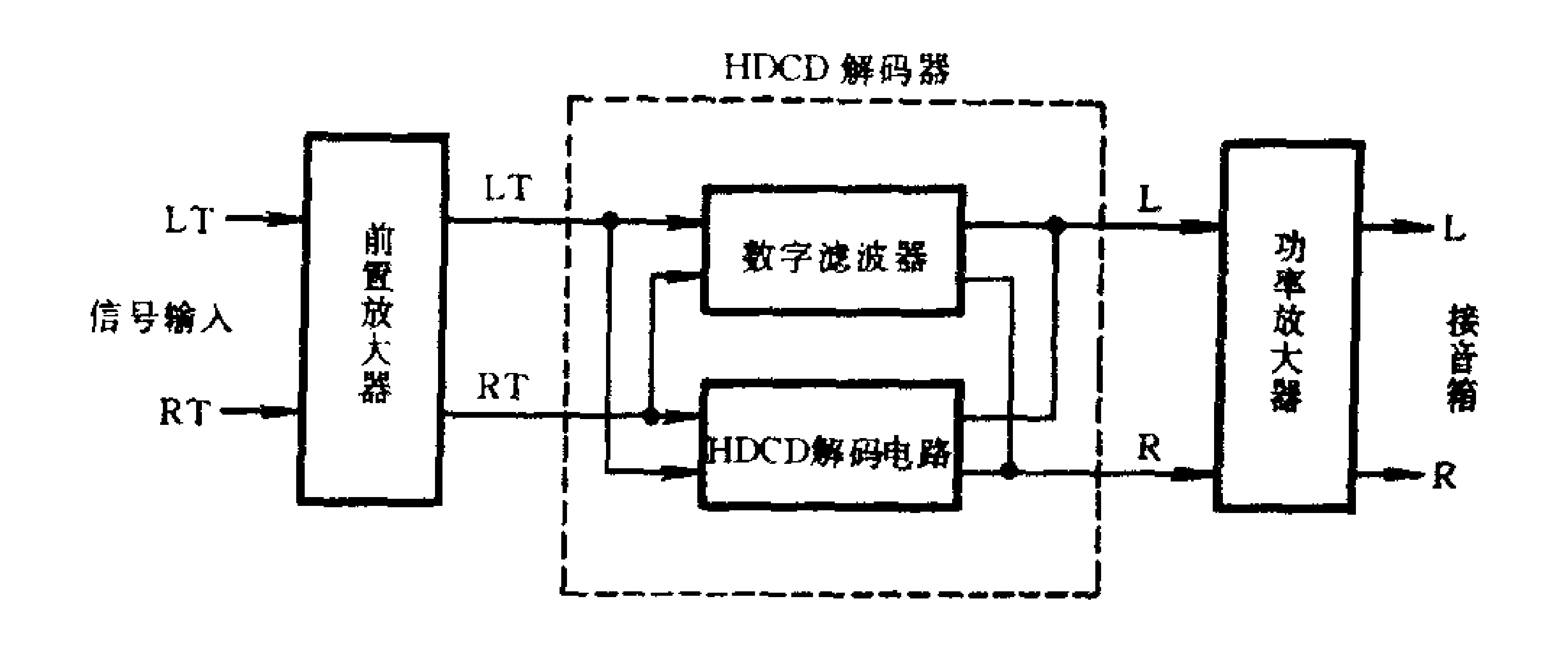


图 11-22 HDCD 解码器与音响系统的连接图

5. Hi-Fi 功放的性能指标

国际 IEC 标准中，Hi-Fi 放大器的频率响应为 40Hz ~ 16kHz ± 1.5dB；谐波失真 ≤ 0.5%（前置放大器和功率放大器）、≤0.7%（综合放大器）；额定输出功率（RMS）≥10W（各通道）；信噪比≥63dB（前置及综合放大器）、≥86dB（功率放大器）；声道分离度≥30dB（250Hz ~ 10kHz）。

实际上一些高档 Hi-Fi 放大器的性能指标都已达到较高水平；频率响应为 20Hz ~ 20kHz ± 0.5dB；谐波失真 < 0.1%（1kHz 1W）；信噪比≥90dB；声道分离度≥40dB，输出阻抗 4 ~ 8Ω；输出功率 30 ~ 200W（各通道）。

二、AV 放大器

AV 放大器是 AV 家庭影院系统的重要组成部分。它较普通双声道立体声放大器增加了多声道环绕声处理器（杜比定向逻辑解码器或杜比 AC－3 解码器、THX 处理器、DTS 解码器、SRS 音效处理器、DSP 声场处理器等）和中置声道与环绕声道的功率放大电路，还备有连接各种 AV 节目源的输入、输出端子和功能转换开关，有的还具有智能化微处理器控制、卡拉 OK、大屏幕荧光显示和 AM/FM 收音等功能。

AV 放大器除了前置左、右主声道外，还有中置声道、后置环绕声道（杜比定向逻辑为单声道，杜比 AC－3 和 DTS 为双声道，THX 为模拟双声道）和超重低音声道。

AV 放大器可分为综合放大器、前置放大器、环绕声放大器三种结构。

1. AV 综合放大器

AV 综合放大器是内置环绕声解码器的前后级合并式多声道功率放大器，一般由信号源选择器、环绕声信号处理器和功率

放大器等组成，如图 11－23 所示。

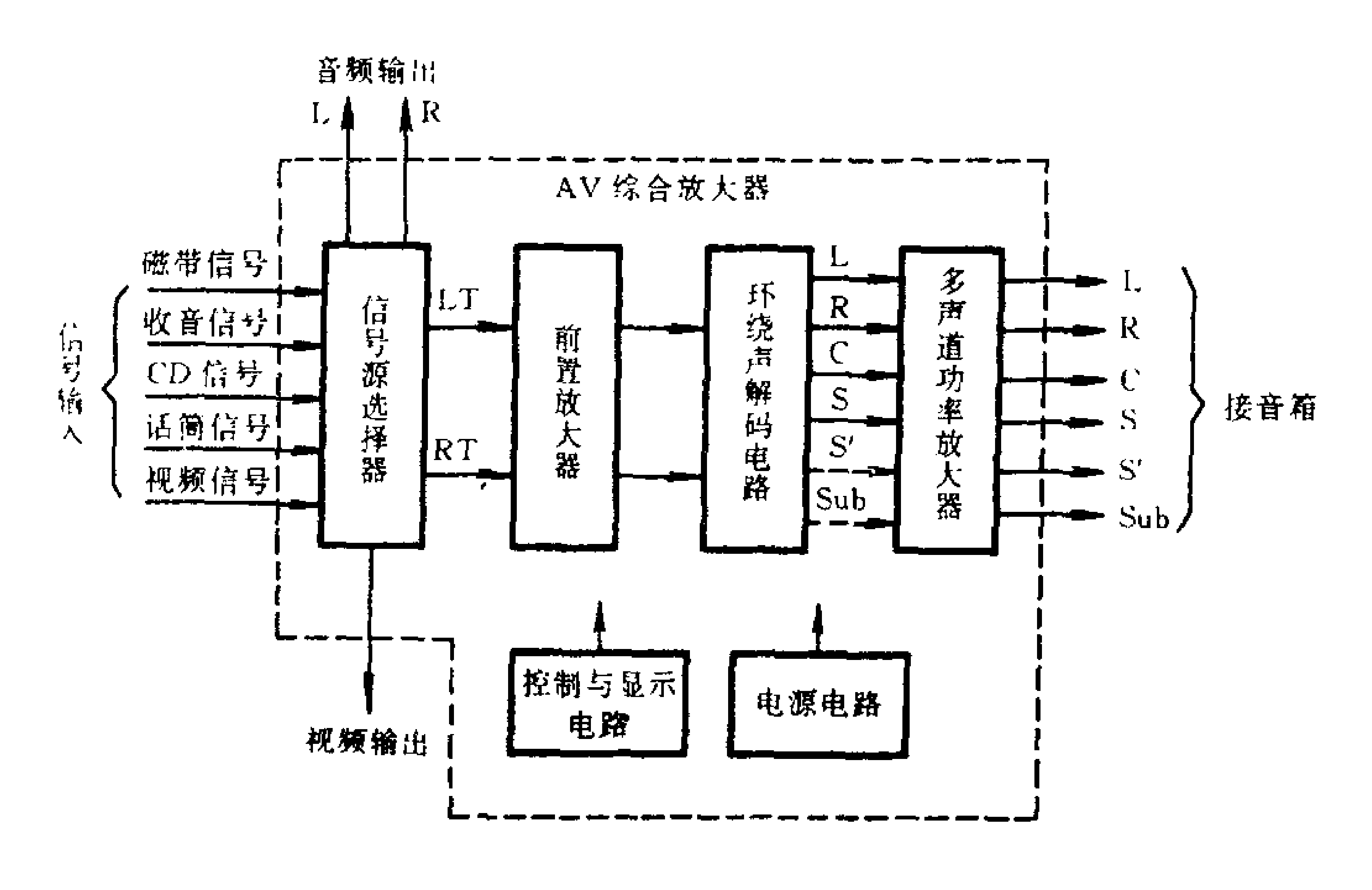


图 11－23　AV 综合放大器电路结构方框图

AV 综合放大器设有多种 AV 信号源的转换控制功能，只要配接好 AV 节目源、画面显示系统（大屏幕彩电或投影机）和各路音箱，即可组成一个完整的 AV 家庭影院系统。图 11－24 是 AV 综合放大器的系统连接图。

2. AV 前置放大器

AV 前置放大器是没有功放电路的纯环绕声处理器，它一般由 AV 信号源选择器、环绕声解码器和缓冲放大器等组成，如图 11－25 所示。

用 AV 前置放大器组建 AV 家庭影院时，应配置多声道后级功率放大器，将 AV 前置放大器解码处理后的多声道环绕声信号进行功率放大后，再驱动各路扬声系统。图 11－26 是 AV 前置放大器的系统连接图。

3. AV 环绕声放大器

AV 环绕声放大器是一种合并式的环绕声处理器，它除内置

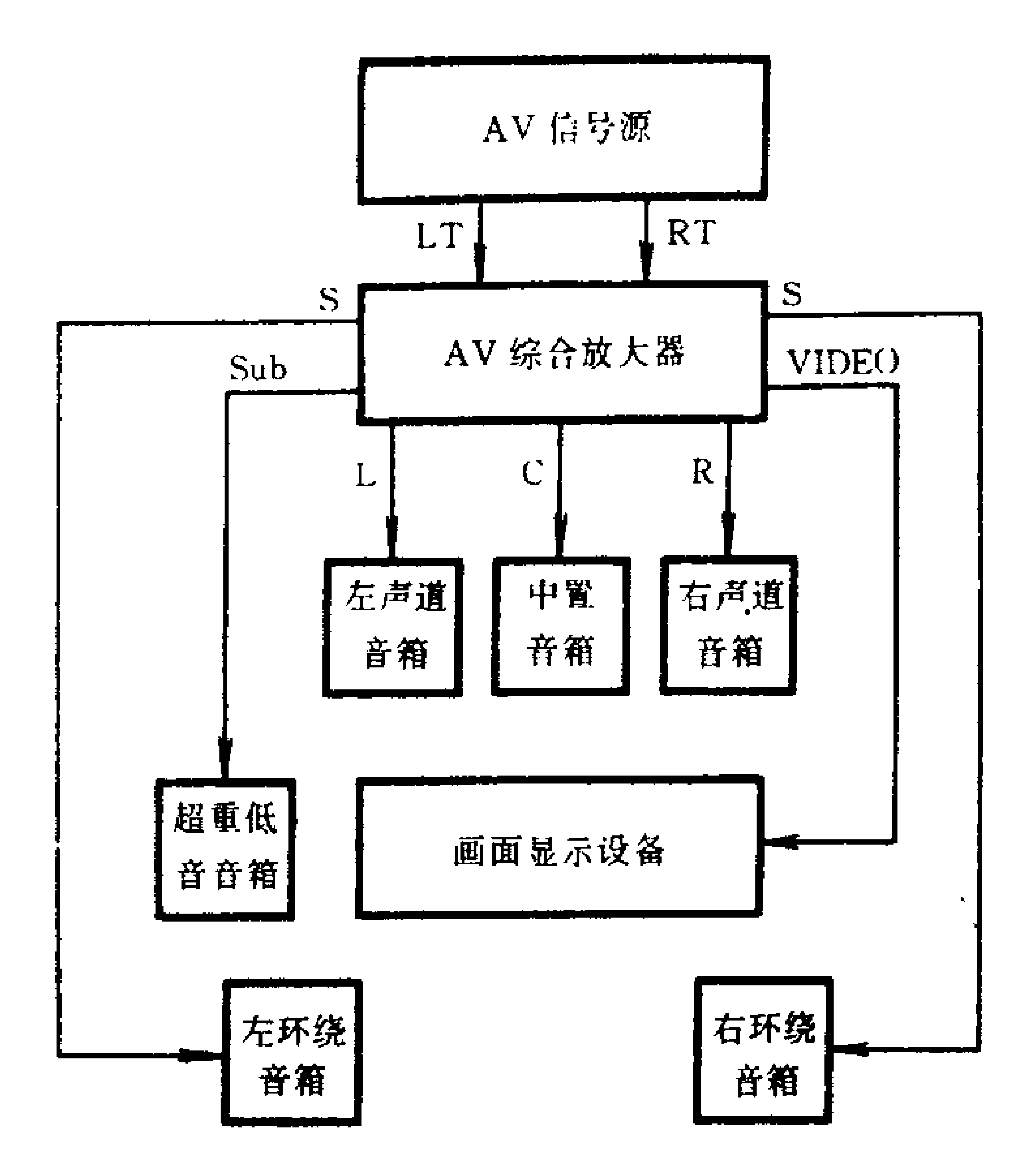


图 11－24　AV 放大器的系统连接图

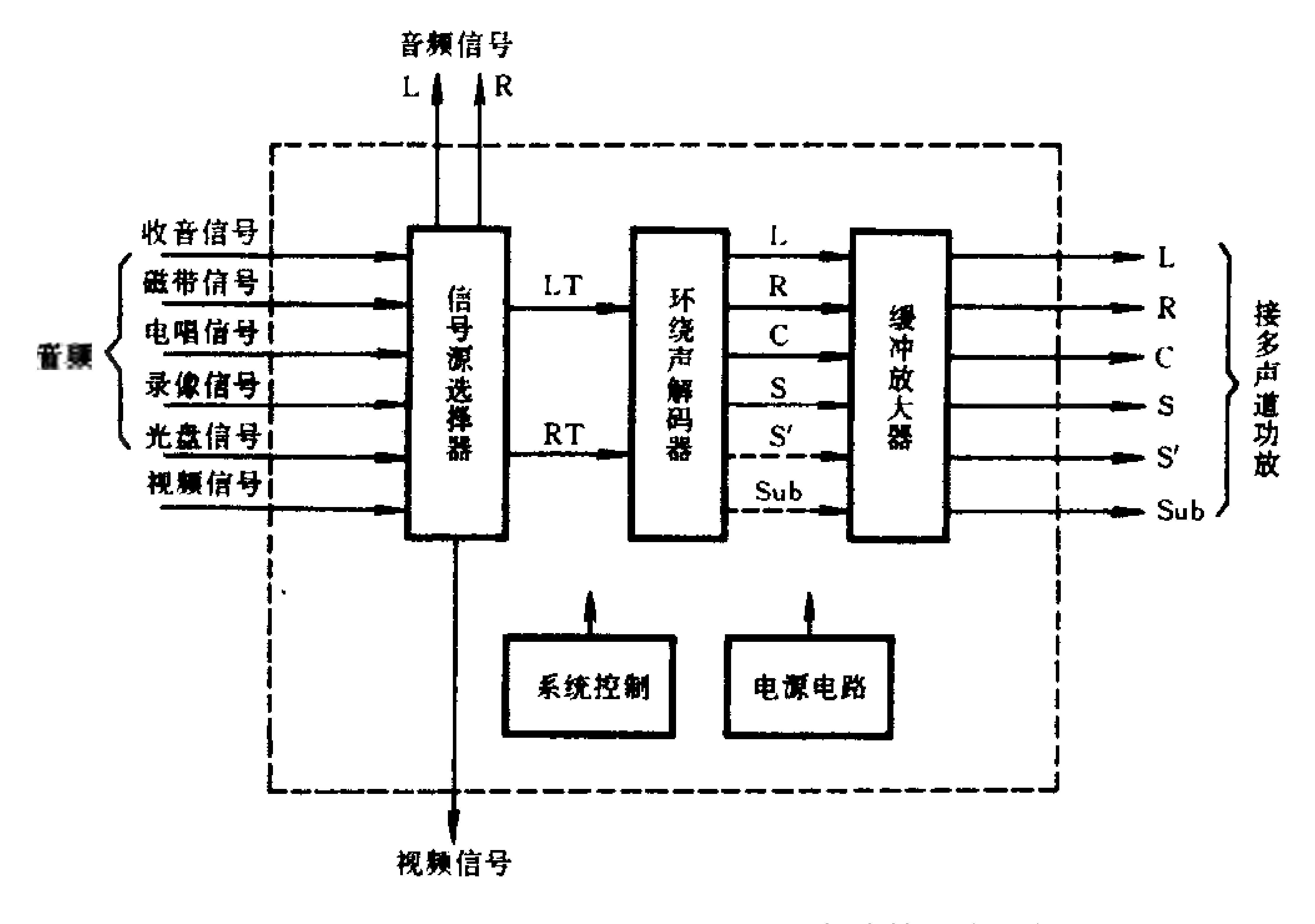


图 11－25　AV 前置放大器电路结构方框图

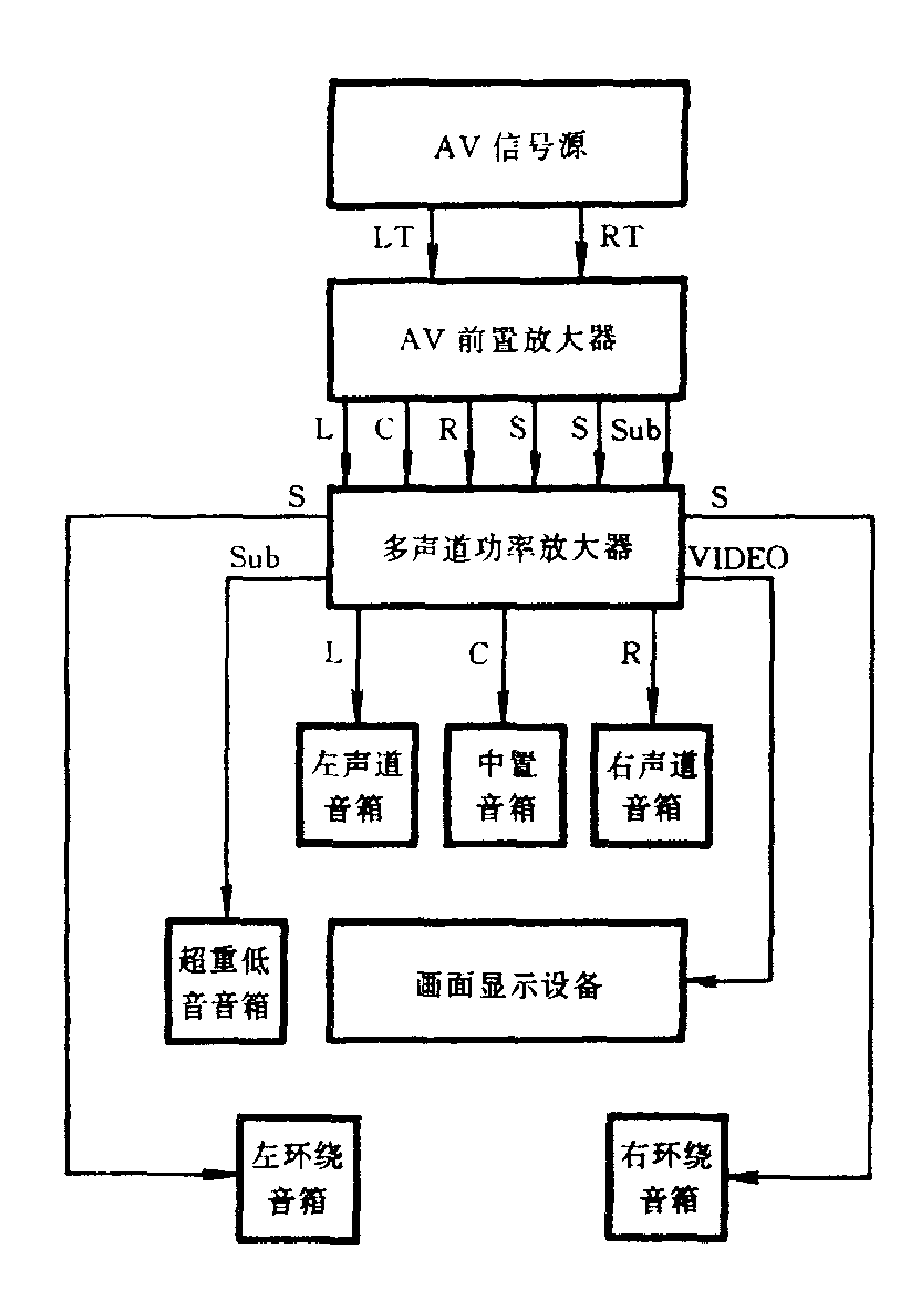


图 11－26　AV 前置放大器的系统连接图

AV 信号源选择器和环绕声解码器外，还有两路或三路功率放大电路，用来驱动中置声道和环绕声道音箱，如图 11－27 所示。

AV 环绕声放大器可以与 Hi-Fi 立体声放大器和 AV 终端系统组配成 AV 家庭影院系统，如图 11－28 所示。

4. AV 放大器的性能指标

AV 放大器根据其内部环绕声解码器的不同，频率响应指标也不同。杜比定向逻辑 AV 放大器中前方左、右声道的频率响应为 20Hz～20kHz－3dB，中置声道的频率响应为 80Hz～20kHz

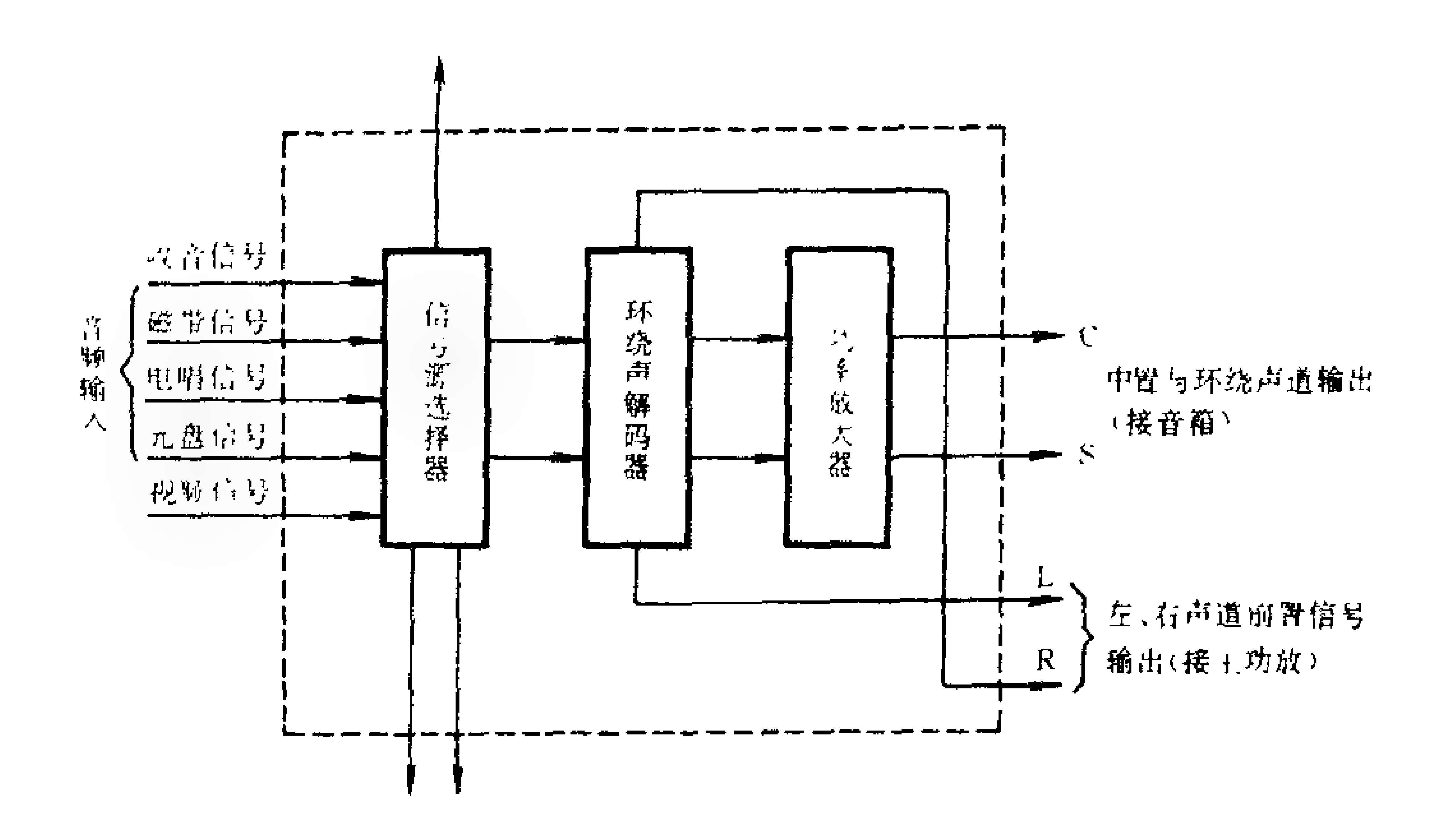


图 11－27　AV 环绕声放大器电路结构方框图

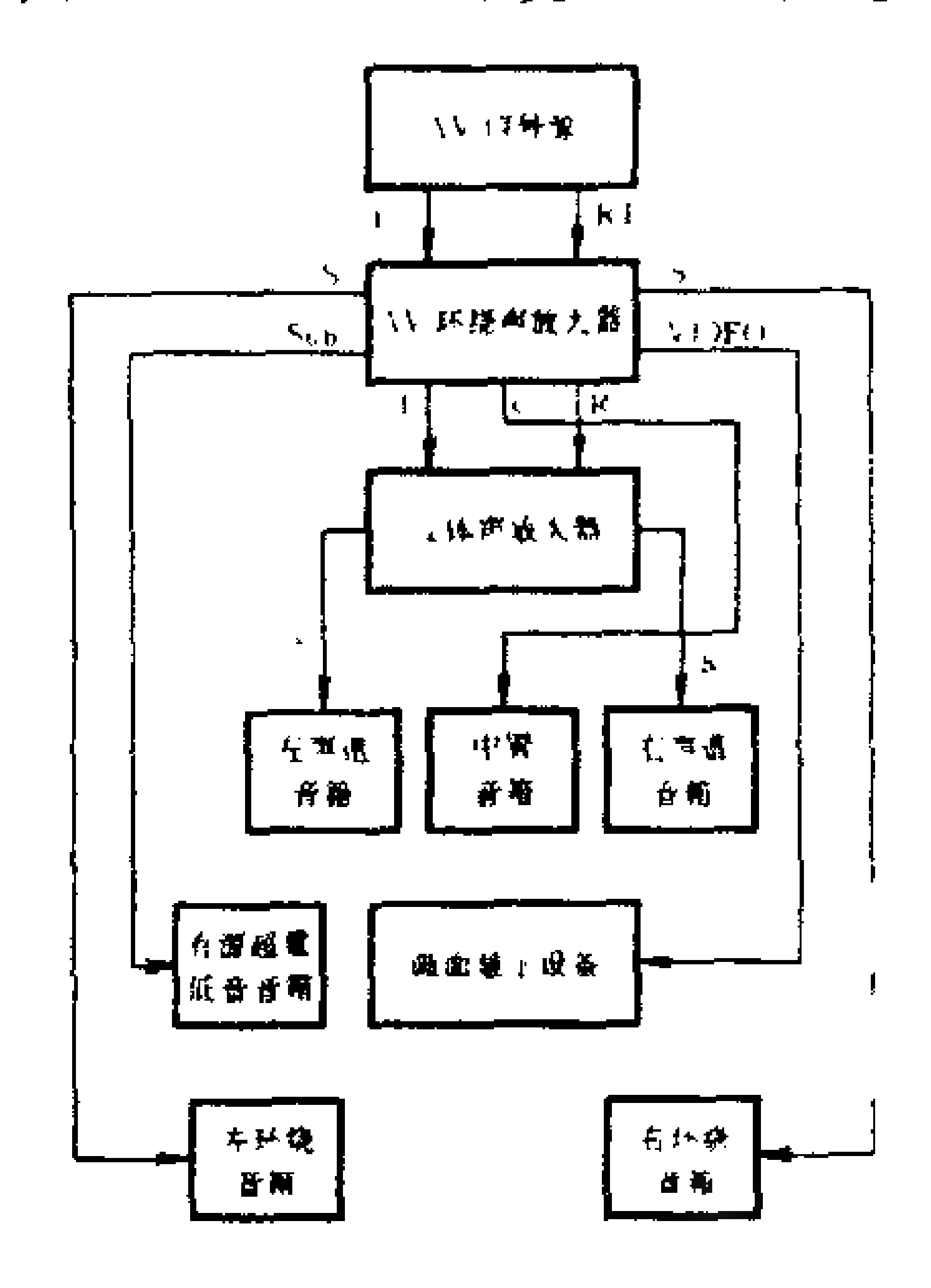


图 11－28　AV 环绕声放大器的系统连接图

(THX 系统的中置声道与左、右声道的频响相同)，后置环绕声道的频率响应为 100Hz～7kHz－3dB；而内置杜比 AC－3 或 DTS 解码器的 AV 放大器，其前方三个声道和两个后置环绕声道的频率响应均为 20Hz～20kHz±0.5dB 及 3Hz～20.3kHz－3dB 的全音域，超重低音声道的频率响应为 20Hz～120Hz±0.5dB 及

3Hz ~ 121Hz - 3dB。其动态范围≥85dB，总谐波失真 < 0.1%，信噪比 > 80dB，相邻声道分离度 > 25dB。

三、卡拉 OK 放大器

随着物质生活的日益充实，人们不再满足于自听自看的被动享受，而渴望从自我表现中寻求更多的乐趣。Hi-Fi 音响系统和 AV 家庭影院的完美组合，孕育了卡拉 OK 的诞生和发展。

1. 卡拉 OK

卡拉 OK（英文 Karaoke）是一种无乐队伴奏的跟唱自娱形式，该系统由软件（节目源）和硬件（演唱设备）两部分组成。卡拉 OK 软件主要有卡拉 OK 磁带、录像带、光盘（激光唱片和激光影碟）等。卡拉 OK 设备除专用的卡拉 OK 放大器（伴唱机）外，一些录像机、CD 唱机、激光视盘机（VCD、SVCD、LD、DVD 等）和 Hi-Fi 放大器、AV 放大器也都附设有卡拉 OK 功能。

2. 延时混响电路

卡拉 OK 的主体是延时混响电路。延时混响电路有模拟延迟电路和数码延迟电路两种。前者采用 BBD 斗链器件（即 MOS 结构的电荷耦合模拟移位寄存器），其内部集成多级电子开关（由 MOS 场效应管构成）和高精度储存电容器，根据开关的切换频率和电容器开关组的数量来决定延迟时间（BBD 器件的级数从 64 级到 4096 级），级数越多，延迟时间越长。后者是将模拟音频信号经 A/D 转换成数字信号后，输入存储器中，直到获得设定的延迟时间后才读出来，经 D/A 转换还原成为模拟信号（即延迟后的音频信号），其延迟时间由存储器的容量和取样周期决定。数码延迟混响电路与模拟延时混响电路相比，具有频率特性好、动态范围大、失真小、噪声小等优点而被广泛使用。

卡拉 OK 放大器的电路结构如图 11 - 29 所示。

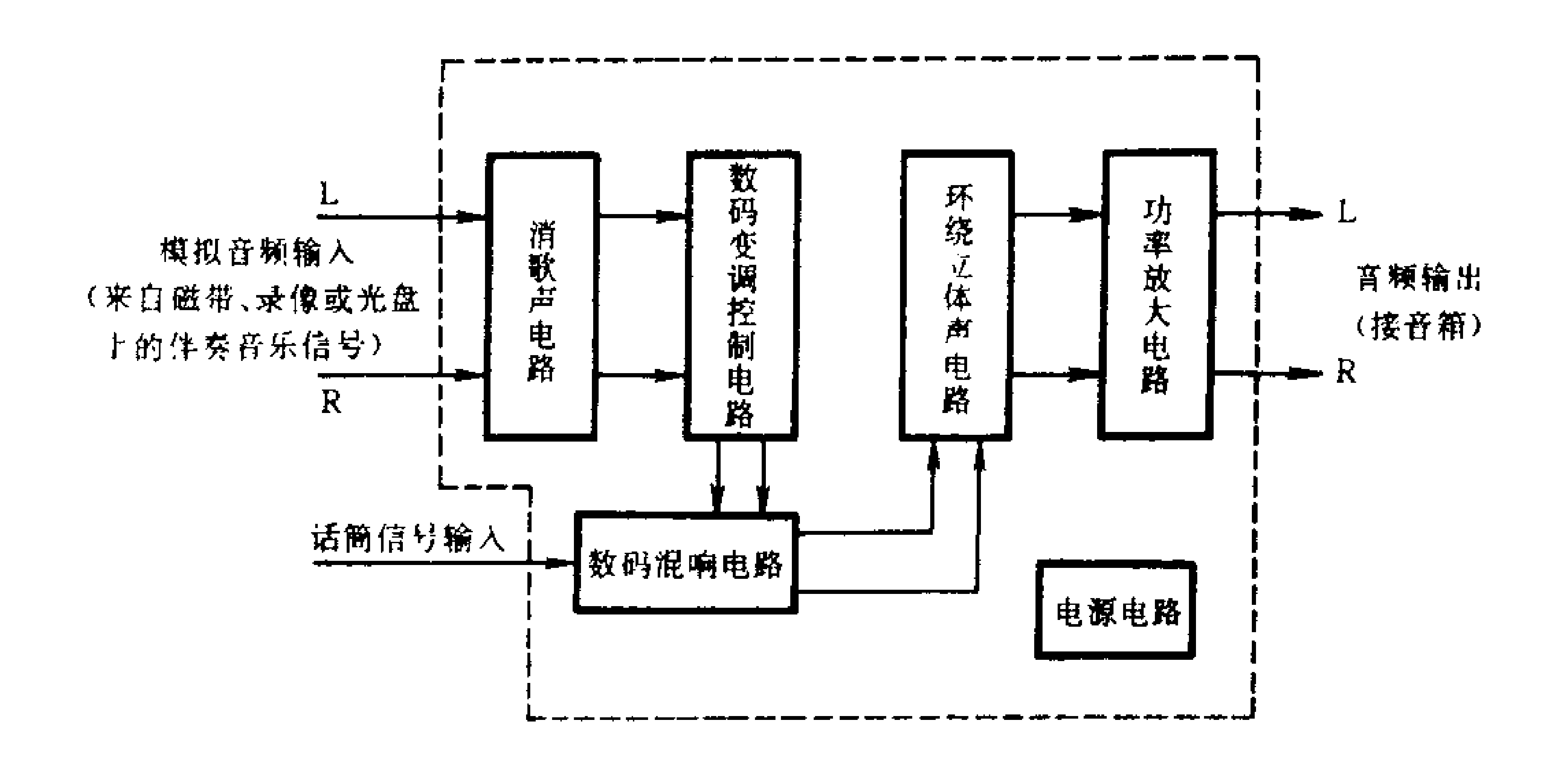


图 11－29　卡拉 OK 放大器的电路结构方框图

四、功率放大器的类别

功率放大器的种类繁多,分类方法也不同。按使用的放大器件可分为电子管式、晶体管(包括场效应管)式、集成电路式和混合式多种;按功率管的工作状态又分为 A 类、AB 类和 B 类等多种;按功放电路的结构(输出级与音箱的连接方式)又有变压器耦合、OTL、OCL 和 BTL 四种。在本书第二章中介绍了功率放大器的工作原理和分析方法。

1. 按使用的放大器件分类

按放大器所使用的放大器件可分为电子管式、晶体管式、场效应管式、集成电路式和混合式等多种。

电子管被音响发烧友称为“胆”管。电子管功率放大器具有音色纯正、柔和而温暖、失真小、功率储备量大、热稳定性好、抗过载能力强等优点,广泛应用于 Hi-Fi 高保真音响系统中。其缺点是体积与重量均较大,功耗高,效率低,使用寿命短。

晶体管被音响发烧友称为“石”管。晶体管功率放大器与电子管功率放大器相比具有体积小、重量轻、耗电少的优点,还具

有较大的电流放大能力，能在较宽的电压及电流范围内工作；缺点是热稳定性差，重放声音偏硬，音色不够细腻温暖。

场效应管是一种具有电子管特性的半导体电压控制器件，有良好的线性和频率特性。场效应管放大器不仅具有晶体管功率放大器的优点，还具有输入阻抗高、动态大、瞬态响应好、解析力高、噪声低等特点，在 Hi-Fi 功放和 AV 放大器中应用较多。

集成电路功率放大器具有工作性能稳定、保护性能完善、外围元件少、工作范围宽等特点，被一些普及型功率放大器广泛使用。但档次较高的 Hi-Fi 功率放大器中还是采用分立元件，其随意性较高，可以采用不同电路及元件制作出重放声个性各异、性能指标又较高的功率放大器。

混合式放大器是将晶体管与场效应管、晶体管与集成电路、晶体管与电子管、场效应管与电子管或场效应管与集成电路等混合制作而成的功率放大器，这也是扬长避短、改善音响效果和机器性能的方法之一。

2. 按功放输出级的工作状态分类

功率放大器按输出级的工作状态分为 A 类(甲类)、B 类(乙类)、AB 类(甲乙类)、C 类(丙类)、D 类(丁类)等多种。

A 类(甲类)放大器实际上并不是互补式设计，而是单端式放大器(一只为输出管，另一只为恒流源)。其输出器件在整个信号周期内均保持导通，也就是工作电流连续地流过输出器件。其优点是线性较好，瞬态失真小，无交叉失真，重放声音好；缺点是偏置电流大、工作效率低。在较高档的 Hi-Fi 功放中常采用这种电路。为了改善和提高 A 类放大器的工作效率，又出现了滑动 A 类、新 A 类和超 A 类等多种 A 类放大器，它们各有千秋。

B 类(乙类)放大器采用双管互补式设计，在一个正弦波周期内，两只输出管轮流导通，无信号输入时两管均截止，无偏置

电流。其工作效率较高,但工作时会产生一定程度的交越失真,重放声音质一般。

AB类(甲乙类)放大器的工作状态介于A类和B类之间,两输出管的导通时间均大于半个周期,其输出功率随信号的大小变化而变化。在输出低于某一电平时,两输出管均导通,工作状态为A类(甲类);当电平增高时,两只输出管又轮流导通。这类放大器既可避免产生B类(乙类)放大器的交越失真,又可解决A类(甲类)放大器功耗过大的问题,还能在低负载阻抗时继续较好地工作。此类放大器是Hi-Fi功放应用较多的一种。

C类(丙类)放大器的工作状态是每只输出管的导通时间均小于半个周期,其输出波形呈不连续的脉冲状态,虽效率较高,但失真也较大。

D类(丁类)放大器的工作方式为开关(PWM脉冲)状态,要么完全导通,要么完全截止,没有中间状态,无信号时无电流,其优点是效率高、功耗低;缺点是有瞬态响应失真,输出噪声辐射干扰较大。

H类放大器是采用高、低两档电源电压,使功率输出管始终处于较小管压降的放大器。也可以利用自举电路动态地提升单供电电压,不用转换到另一个电压源。

新H类放大器是采用D类放大器的PWM方式,变成开关—线性放大器,使工作效率大大提高,大小功率输出均无交越失真。

S类放大器是利用电桥维持平衡原理,不为输出管提供直流偏置,减小了交越失真和其它失真。对于负载的变化不敏感,对各种负载都能接近理想的驱动。

3. 按功放输出级与扬声器的连接方式分类

功率放大器按输出级与扬声器的连接方式可分为变压器耦

合、OTL、OCL 和 BTL 四种类型，后两种类型应用较多。

变压器耦合式功放输出电路的效率低、失真大，在 Hi-Fi 功率放大器中应用较少。

OTL(Output Transfomer Less 的缩写)电路是输出级与扬声器之间采用电容耦合的无输出变压器功放电路。

OCL(Output Capacitor Less 的缩写)电路是输出级与扬声器之间无电容而直接耦合的功放电路。

BTL(Balanced Transfomer Less 的缩写)电路是输出级与扬声器之间以电桥方式连接的平衡式功放电路。

五、数字音频功放

数字音频功放是新一代 Hi-Fi 与 AV 家庭影院的音响系统，它是采用 DAS 技术，将数字信号进行功率转换后，再通过滤波器直接转换为音频信号，没有任何模拟放大的功率转换过程。CD、HDCD、DVD、DAT 等均可作为数字音源。

数字音频功放可以完全进行数字调节及数字控制，整机实现无触点化；还能通过微处理控制，实现整机智能化。与模拟音频功放相比，具有无交越失真、瞬态响应好、高中低频无相对相移、声音清晰通透、声像定位准确、效率高、可靠性好、容易实现大功率集成等特点，还可通过改变软件的形式实现产品功能的更新换代。

第五节　音　箱

音箱作为 Hi-Fi 音响和 AV 家庭影院的音频终端系统，担负着把电信号转变成声音信号的关键任务。音箱性能的好坏，直接影响着整个音响系统的放音质量。

一、音箱的结构

音箱主要由扬声器、箱体和分频器等组成。

1. 扬声器

扬声器是一种电—声换能器件，有多种分类方法。按其驱动方式可分为电动式、电磁式、压电式、电容式、离子式和数字式扬声器；按振膜形状可分为锥形、球顶形、平板形、平膜形和带形扬声器；按磁路形式可分为内磁式、外磁式、屏蔽式和双磁路式扬声器；按重放频带可分为全频带、低频、中频和高频扬声器；按声波的辐射方式可分为直接辐射式和间接辐射式扬声器。

在 Hi-Fi 音响系统和 AV 家庭影院系统中，应用最多的还是电动式扬声器。

电动式扬声器主要由永久磁铁、振膜、音圈等构成（见图 11－30），它是利用音圈与恒定磁场之间的相互作用力使振膜振动而发声的。

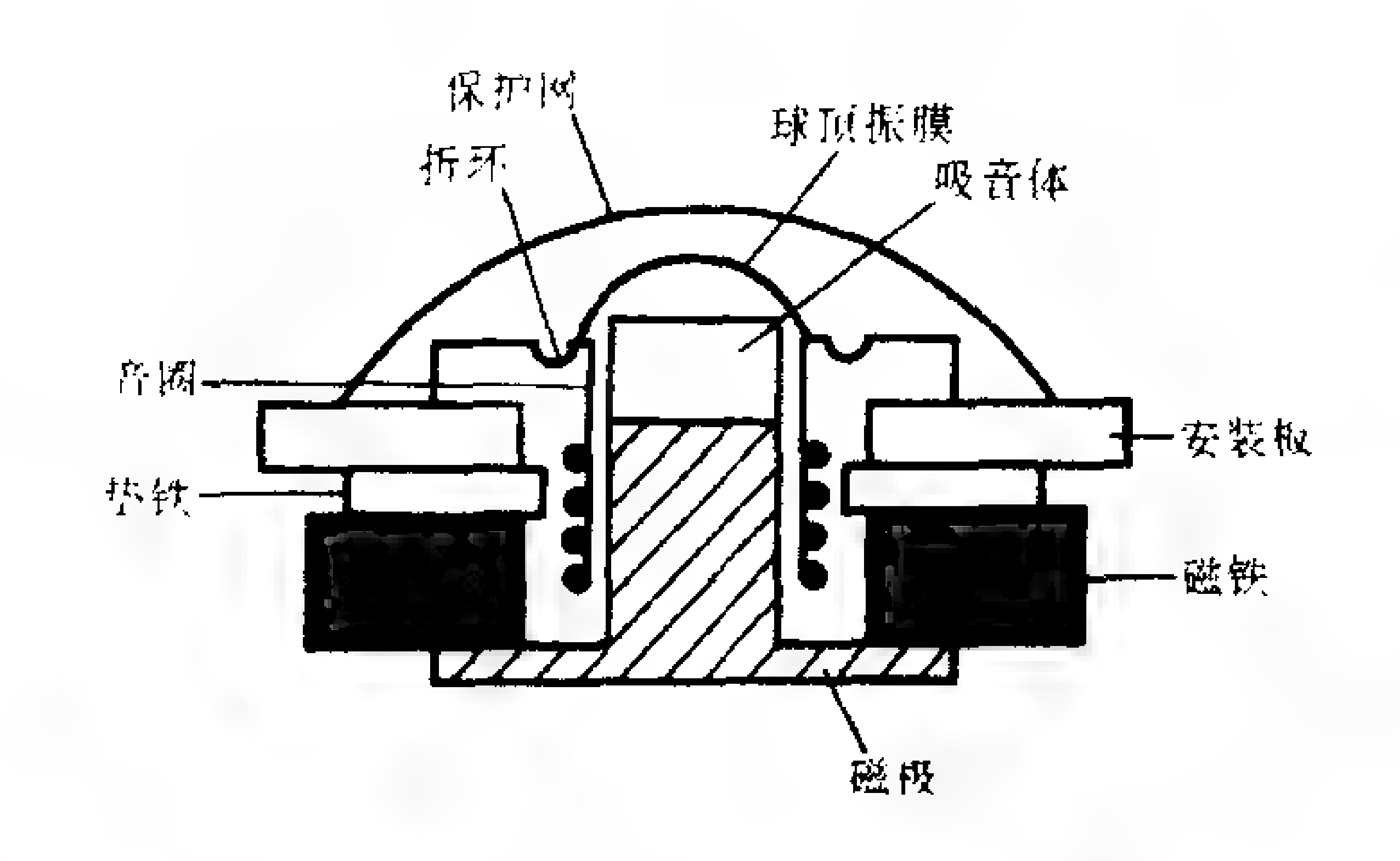
常用的电动式扬声器有锥盆扬声器、球顶扬声器、平板扬声器、号筒扬声器、金属带式扬声器和同轴扬声器等几种。中、高频扬声器多为球顶、平板、号筒和金属带式扬声器，锥盆扬声器以中、低频居多，同轴扬声器是高、低频单元合并。

2. 箱体

箱体用来抑制声绕射、消除声短路，还可扩展频率响应和灵敏度，阻止多余共振，从而改善非线性失真与瞬态特性。其材料的选取与处理对箱体音质的影响很大。

箱体材料主要有原木板、机制板（包括高密度板、中密度板、刨花板、纤维板、多层胶合板等）、石材、水泥、陶瓷、玻璃钢和硬塑料等，最常用的是机制板。

箱体设计有密闭式、倒相式、空纸盆式、迷宫式、克尔顿式、



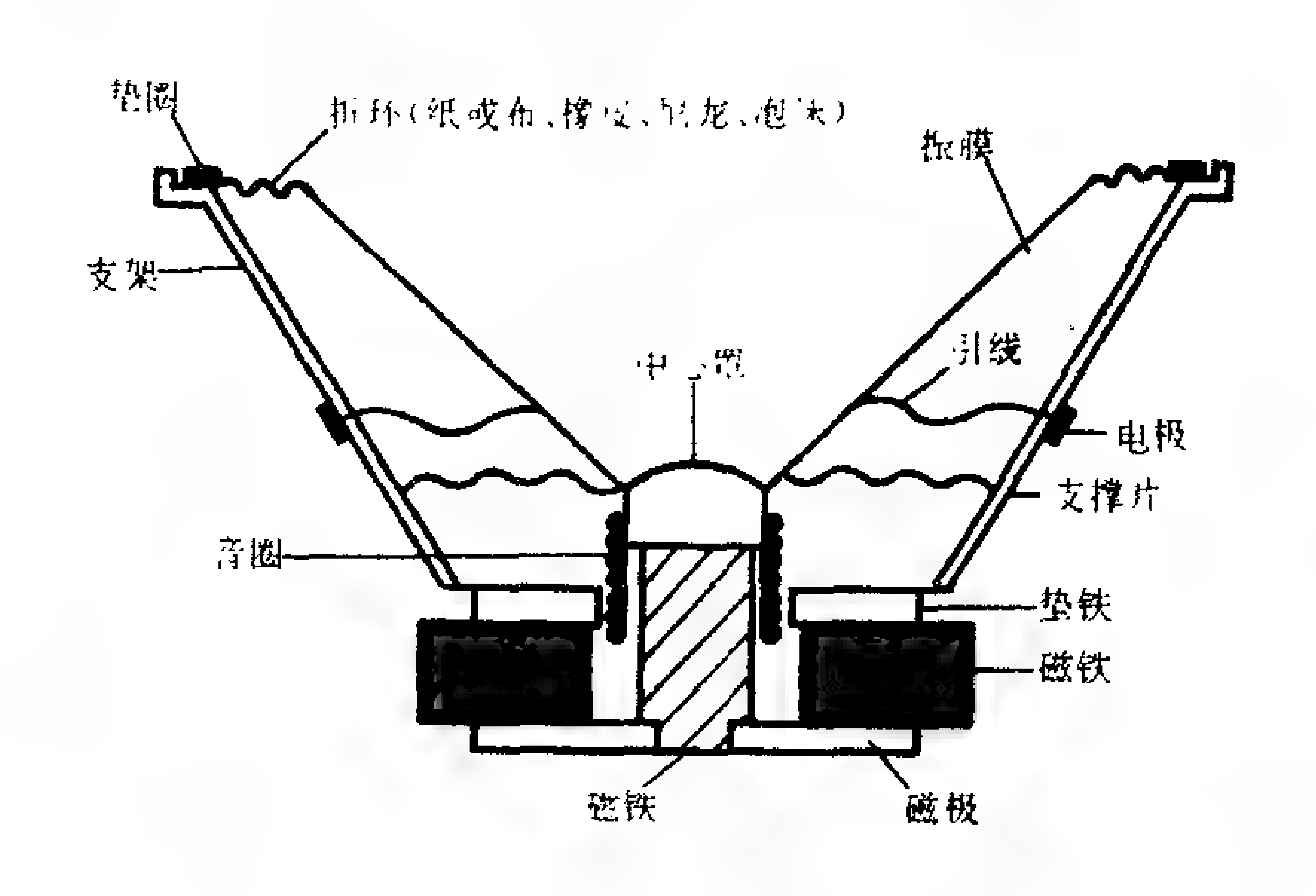


图 11－30　电动式扬声器结构图

双腔双开口式、背向号筒式、多导管式、指数号筒式、无指向性号筒式和 1/4 波长加载式等多种类型，如图 11－31 所示。其中最常用的是密闭式和倒相式音箱。

3. 分频器

分频器用来将音频信号按频率高低分成两个或多个频段，再分别送往相应频段的扬声器去重放，以获得失真小、音域宽的音响效果。

分频器实际上是高通、低通和带通滤波器，它分为有源分频器和无源分频器两种。有源分频器又称电子分频器，是由集成

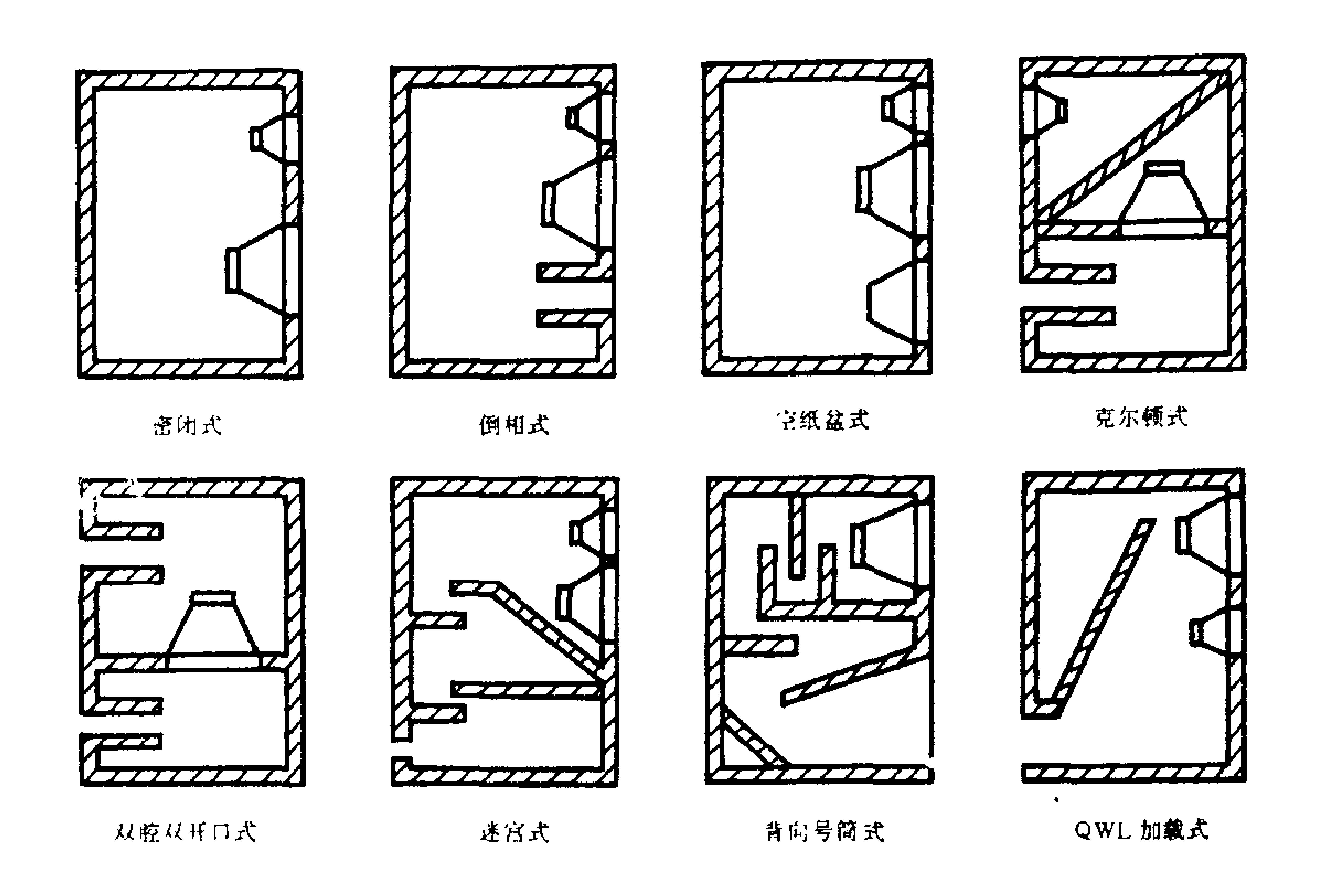


图 11－31　音箱的多种设计形式

电路、晶体管等有源器件和阻容元件组成的，它设置在前置放大器与功率放大器之间，主要应用在高质量的放音系统中。无源分频器又称功率分频器，由电阻、电感和电容组成，它是在功率放大器之后进行分频，具有成本低、结构简单等特点，广泛应用于家用 Hi-Fi 高保真音箱和 AV 音箱中。

二、Hi-Fi 音箱与 AV 音箱

Hi-Fi 音箱主要用来满足音乐的高保真再现，在欣赏时强调音乐味，注重对轻微细节的表现能力，音色轻柔、细腻，能忠实地重现原音。Hi-Fi 高保真音响系统对声音的环绕感要求不高，故只需配备一对立体声高保真音箱即可。

AV 音箱除用来欣赏音乐外，还要营造杜比影音的环绕声场，要配备多只音箱(五只以上)。在欣赏影视节目时，需兼顾人

声对白、音乐和效果音响等各方面，对声音重放的灵敏度、频响范围、动态范围、瞬态响应及对超重低音的大动态要求等均较高，它注重声音的气势和力度，以烘托气氛、配合画面的声场定位，力求产生震撼心魄的效果。

三、AV 家庭影院中各音箱的作用

AV 家庭影院系统较 Hi-Fi 高保真音响系统增加了中置音箱、环绕音箱和超重低音音箱，各个音箱均担负着不同的放声任务。

前置主音箱(左、右声道)用于播放主体音乐、人物对白和效果声信号，烘托画面的主体气氛和场景的乐曲背景音响效果，它决定了前方音场的规模大小、深度感、声像定位实体感和层次感等。

中置音箱用来传递人物对白及发声体的移动，使声像定位和屏幕上的移动画面紧密地结合为一体，表现出声像合一的临场效果。

环绕声道用来提供环境声和效果声，尽可能营造均匀扩散的闭合环绕音场，强化前方音箱的定位感与空间感。该声道在杜比环绕声编码时，信号内容较前置和中置声道少，不是什么时候都有声音。

超重低音音箱主要用来渲染环境气氛，充实丰满的重低音，对增强临场效果起着重要作用。该声道主要记录一些特定场景的效果声音，如闪电劈雷、火车轰鸣、飞机坠落、炮弹爆炸等响声。

四、落地式音箱和书架式音箱

Hi-Fi 音箱和 AV 家庭影院的主音箱均有落地式音箱和书

架式音箱之分。落地式音箱是指箱体高度在750mm以上的大型音箱，其低音（或中低音）扬声器多为6.5in～12in（1in＝25.4mm），分频器以高、中、低三分频居多。书架式音箱是指箱体高度在750mm以下的中、小型音箱，其低音单元一般在8in以下，分频器以二分频居多。两种音箱的声音特点不同，落地式音箱的低频基础较好，注重表现大动态场面；书架式音箱的中高频极具感染力，音质细腻清醇，注重音质的纯度。

五、音箱的特性与风格

不同国家、不同厂家、不同品牌的音箱有着不同的特性与风格，甚至同一厂家的不同型号音箱也会有不同的独特音色，这是因为不同的音箱是由各种不同特性的扬声器单元和各种不同结构的箱体、分频器等配合制作而成的。

美国音箱总体特点是稳健、动态宽，低音强劲，中高音清晰、爽朗，效率高、负荷能力大，瞬态响应好，擅长营造气氛，较适合播放摇滚乐、迪斯科等粗犷豪放、够刺激的音色，以娱乐性优于音乐欣赏性，但人声欠细腻、甜美。英国音箱的特点是音色平衡、和谐，低频厚实、深沉，中高频柔美，对音乐和人声的表现力均较强，声音温暖、耐听、富于感染力，擅长表现古典音乐、轻音乐、旋律性较强的音乐，以音乐欣赏性优于娱乐性。丹麦音箱的特点是音色自然、流畅、纯美，声场稳定、宽阔，高音清晰、透明，低音浑厚、深沉，音乐的解析力和瞬态响应均表现突出，娱乐欣赏及音乐欣赏均适宜。德国音箱的特点是音色冷艳，声音朴实而无过多的渲染，较“美国声”柔软，较“英国声”偏硬，音响平衡，用于娱乐欣赏和音乐欣赏均有较好的表现。国产音箱（如美之声、小旋风等）虽然尚未形成什么“中国声”，但在音色、音质等表现上也很好，可以满足家庭娱乐和音乐高保真欣赏的要求。

六、音箱的性能指标

音箱的主要性能指标有频率响应、功率、标称阻抗和灵敏度。

1. 频率响应

国际IEC标准要求Hi-Fi音箱的频率响应在50Hz～12.5kHz(+4dB,-8dB)和100Hz～8kHz(±4dB)以上。目前市场上多数家用Hi-Fi音箱的频率响应均能达到45Hz～20kHz±2dB。在AV家庭影院中,杜比定向逻辑环绕声系统的前置主音箱频率响应为40Hz～20kHz,中置音箱的频率响应为80Hz～16kHz,环绕音箱的频率响应为100Hz～7kHz;而杜比AC-3或DTS环绕声系统的前置主音箱、中置音箱和环绕音箱,频率响应均应为20Hz～20kHz,超重低音音箱的频率响应为20Hz～250Hz。

2. 功率

音箱的功率有标称功率(额定功率)、起步功率和峰值功率。

标称功率(RMS)是指音箱能够长时间正常、安全地工作的输入电功率;起步功率是指音箱能被推动的基准功率值;峰值功率是指音箱在短时间内所能承受的最大功率。生产厂家通常是在音箱或其说明书上标注承载功率(例如10W～150W),其中的10W代表起步功率,150W代表峰值功率。也有的音箱上标注额定功率。

3. 标称阻抗

标称阻抗也称额定阻抗。音箱的阻抗值是随输入音频信号的频率变化而改变的,额定输入的阻抗只是在共振峰后音箱所呈现的最小阻抗,有8Ω、6Ω、5Ω和4Ω几种。

4. 灵敏度

音箱的灵敏度是指在输入1W标准电功率时,在距音箱正

前方 1m 远处所测得的声压信号大小。该数值越高，说明音箱越容易被推动。Hi-Fi 音箱的灵敏度在 80dB/W/m 以上，而 AV 音箱的灵敏度多为 85dB/W/m 以上。

第六节　画面显示设备

AV 家庭影院的视频终端—画面显示设备主要有大屏幕彩色电视机、投影机和背投影电视。

一、大屏幕彩色电视机

1. 大屏幕彩色电视机的新技术

大屏幕彩色电视机(指 25in 以上的彩色电视机)是 AV 家庭影院中使用最多的画面显示设备，它采用了新型显像管和多种提高画质、音质的新技术。

显像管上应用了超薄、超平、增黑、多路聚焦、提高屏面空间分辨率、超净等新技术，有效地改善了色纯度和聚焦特性，解决了因屏幕增大而导致的亮度、清晰度及大电流聚焦质量下降等问题。

电路上也应用了许多新技术，如采用了各种超大规模集成电路和先进的数字式高画质技术来提高图像的清晰度和信噪比，改善图像信号的线性，扩大色彩重现范围，改善亮、色信号的分离，减少串色现象和副载波干扰，增加亮度、灰度等级和对比度，增强了图像色彩和细节的表现。音频电路也增加了诸如现场感音响、丽音、环绕立体声等效果处理，从而有效地提高了画质和音质。

2. 等离子数字化彩色电视机

等离子数字化彩色电视机是采用了彩色等离子体显示器(PDP)和数字化处理技术的平板壁挂式大屏幕彩色电视机，它具

有轻而薄(机身厚度只有16cm,重量只有现有大屏幕彩色电视机的1/10)、视角宽(对角线尺寸为42in)、全色显示、色彩再现性能好、响应速度快、无磁场干扰、无X射线、无闪烁效应、行分辨率高等特点,是AV家庭影院系统的又一高档画面显示设备。

3. HDTV高清晰度电视

HDTV(High Definition Television的缩写)高清晰度电视是一种全新的数字电视形式,与现行的电视制式基本无关。它可获得比现行电视高1倍的水平及垂直清晰度图像,还具有易于传输、存储和处理、容易实现功能多样化、通用性和交互性强、可与多媒体计算机和数字通信设施相融合等优点。

HDTV高清晰度电视机屏幕的宽高比为16:9,与人眼的视觉特性相匹配,采用多声道高质量伴音,可用立体声或环绕立体声重放(伴音的编码方式有多种方案)。

目前市场上销售的26in、28in、32in和34in等16:9宽屏幕只是一种过渡产品,与普通大屏幕彩色电视机相比,除显像管的宽高比不同外,其它如显像管的荧光粉条节距、电子束孔径和高画质、高音质等技术均差不多。另外,还有IDTV改善清晰度电视和EDTV扩展清晰度电视等数字化彩色电视机,也只能说采用了一些数字处理技术,是一种准高清晰度电视(过渡产品),并非真正的数字化彩色电视机。

二、投影机

投影机是中、高级家庭影院的首选画面显示设备,是利用光学系统将电视图像、数据或图形经过放大后投射到屏幕上的一种显示方式,它由图像信号发生器、光学系统和屏幕三部分组成。

根据图像形成的方式不同,投影机又分为CRT三管投影机、LCD液晶投影机、ILA液晶光阀投影机、油膜光阀投影机和

MDM 数字微镜投影机等几种，最常用的是 CRT 三管投影机、LCD 液晶投影机和 MDM 数字微镜投影机。根据投射方式的不同，投影机又有前投影和背投影两种。

三、背投影电视

背投影电视是能克服投影机安装调试复杂、占用室内空间大等弊端的新一代内投影彩色电视机(外形与一台大屏幕彩色电视机差不多)，它采用了黑色高对比度的投影屏幕，屏幕的内、外侧均设置了超高精细的透镜，采用了短聚焦系统和使画质、亮度、音质提高的新技术，缩小了投影管与屏幕之间的距离，增加了透过屏幕的光线，提高了画面质量和亮度，可在较暗而有光的环境中正常观看。

背投影电视的屏幕尺寸有 41in、42in、47in、48in、51in、53in 和 61in，有二层组合和三层组合两种结构。屏幕宽高比也有 16:9 和 4:3 两种尺寸。以三层组合、16:9 的宽屏幕为最佳。

第七节　典型应用电路

前几节讲述了 Hi-Fi 与 AV 家庭影院系统的主要结构、基本原理和功能特点。本节再对常用的集成电路及典型应用电路作一简单介绍，这对读者从事业余实验与制作活动有较好的指导作用。

一、电子音量、音调控制电路

在一些中、高档 Hi-Fi 和 AV 家庭影院的音响系统中，普遍采用了具有噪声低、失真小、控制范围宽、便于遥控等特点的电子音量、音调控制电路。下面介绍几种常用的电子音量、音调、图示均衡控制集成电路及其应用电路。

1. AN7382 音量/音调控制集成电路

AN7382 是双声道音量、音调控制集成电路，内部由稳压器、控制器、音量通道和音调通道等电路组成，如图 11－32 所示，其各引脚功能见表 11－2。

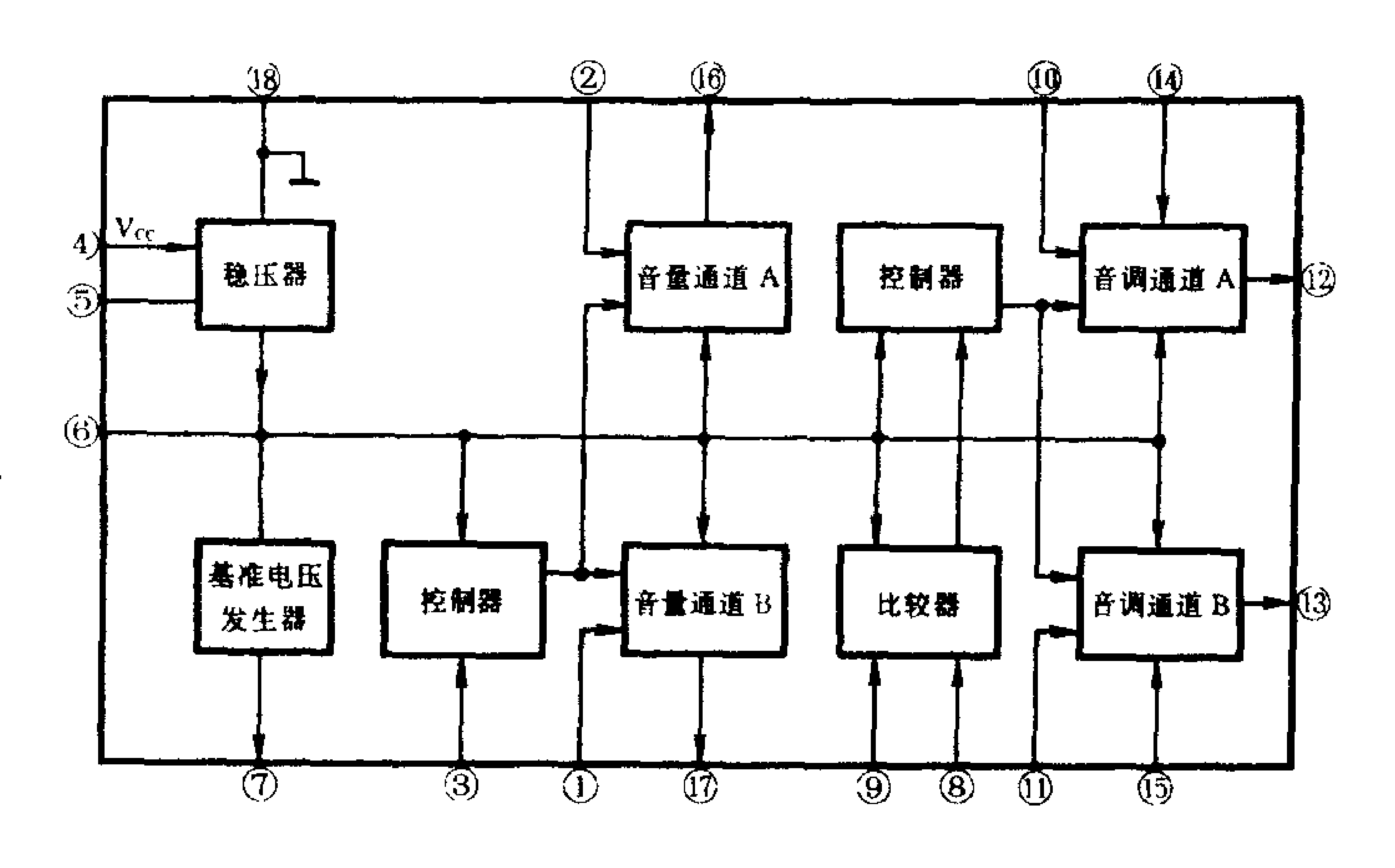


图 11－32　AN7382 内电路方框图

表 11－2　　AN7382 各引脚功能

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	R IN	右声道输入端	⑩	L IN1	左声道音调通道输入端 1
②	L IN	左声道输入端	⑪	R IN1	右声道音调通道输入端 1
③	V	音量控制端	⑫	L OUT	左声道输出端
④	V_{CC}	电源端	⑬	R OUT	右声道输出端
⑤	VC1	稳压器滤波端	⑭	L IN2	左声道音调通道输入端 2
⑥	VREF	基准电压端	⑮	R IN2	右声道音调通道输入端 2
⑦	VC2	内接基准电压发生器	⑯	LOUT1	左声道音量通道输出端 1
⑧	ATC	ATC 控制输入端	⑰	ROUT2	右声道音量通道输出端 2
⑨	AC	音调控制端	⑱	GND	接地端

AN7382 的典型工作电压为 +12V，电源电流 22mA，谐波失真 0.1%。图 11－33 是其应用电路。

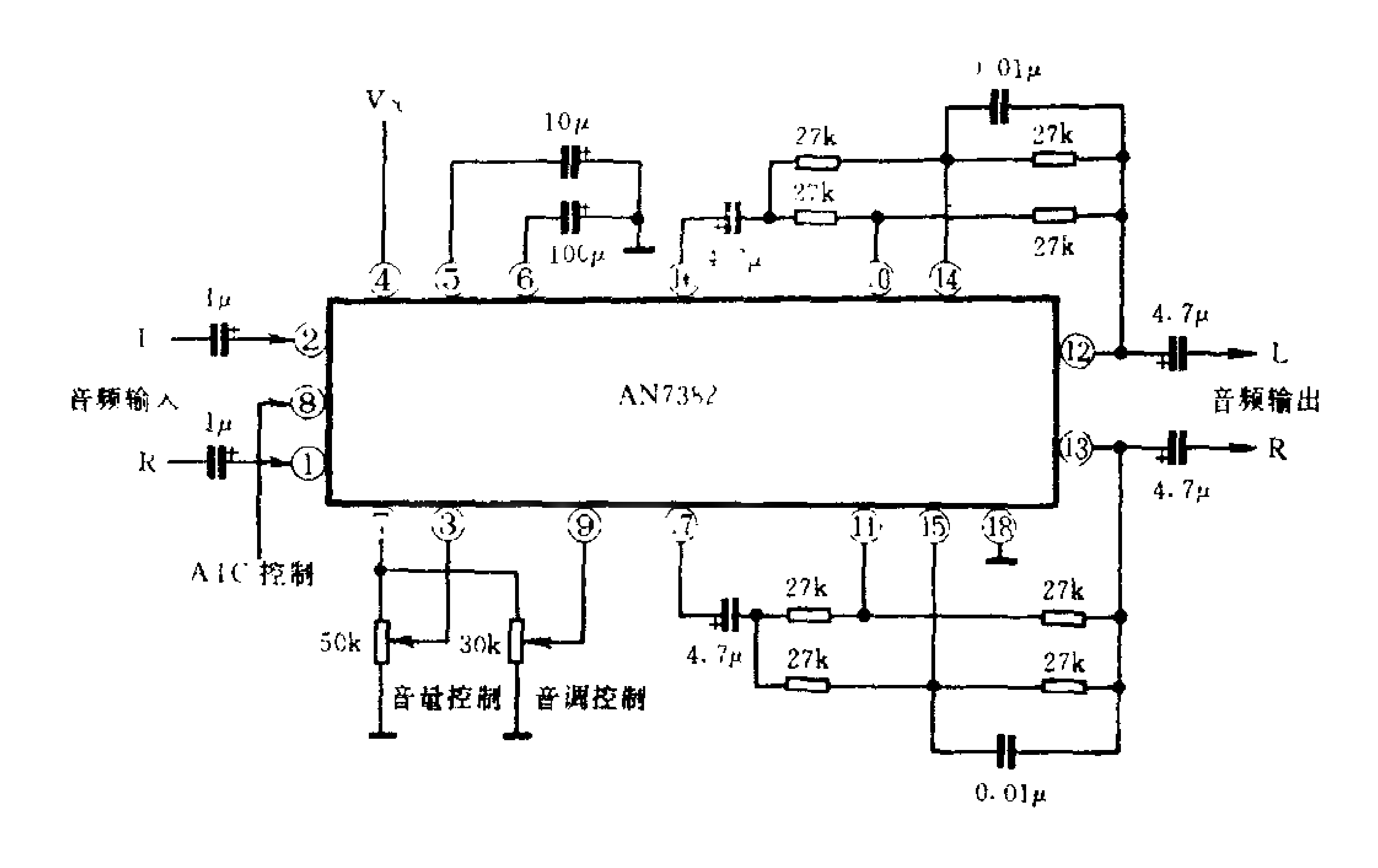


图 11－33　AN7382 应用电路

2. TA7630P 电子音量控制集成电路

TA7630P 是采用直流电压控制的双声道音量、音调、平衡控制集成电路，内部由音调、音量/平衡和直流控制等电路组成，如图 11－34 所示，其各引脚功能见表 11－3。

表 11－3　　　TA7630P 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	V_{EE}	接地端	⑨	L	低音音调控制端
②	R IN	右声道输入端	⑩	H	高音音调控制端
③	C1	外接高音电容	⑪	L OUT	左声道输出端
④	C2	外接低音电容	⑫	V_{CC}	电源端(+12V)
⑤	V_{DD}	电源端	⑬	C3	外接低音电容
⑥	ROUT	右声道输出端	⑭	C4	外接高音电容
⑦	AB	立体声平衡控制端	⑮	L IN	左声道输入端
⑧	VOL	音量控制端	⑯	VREF	基准电压端

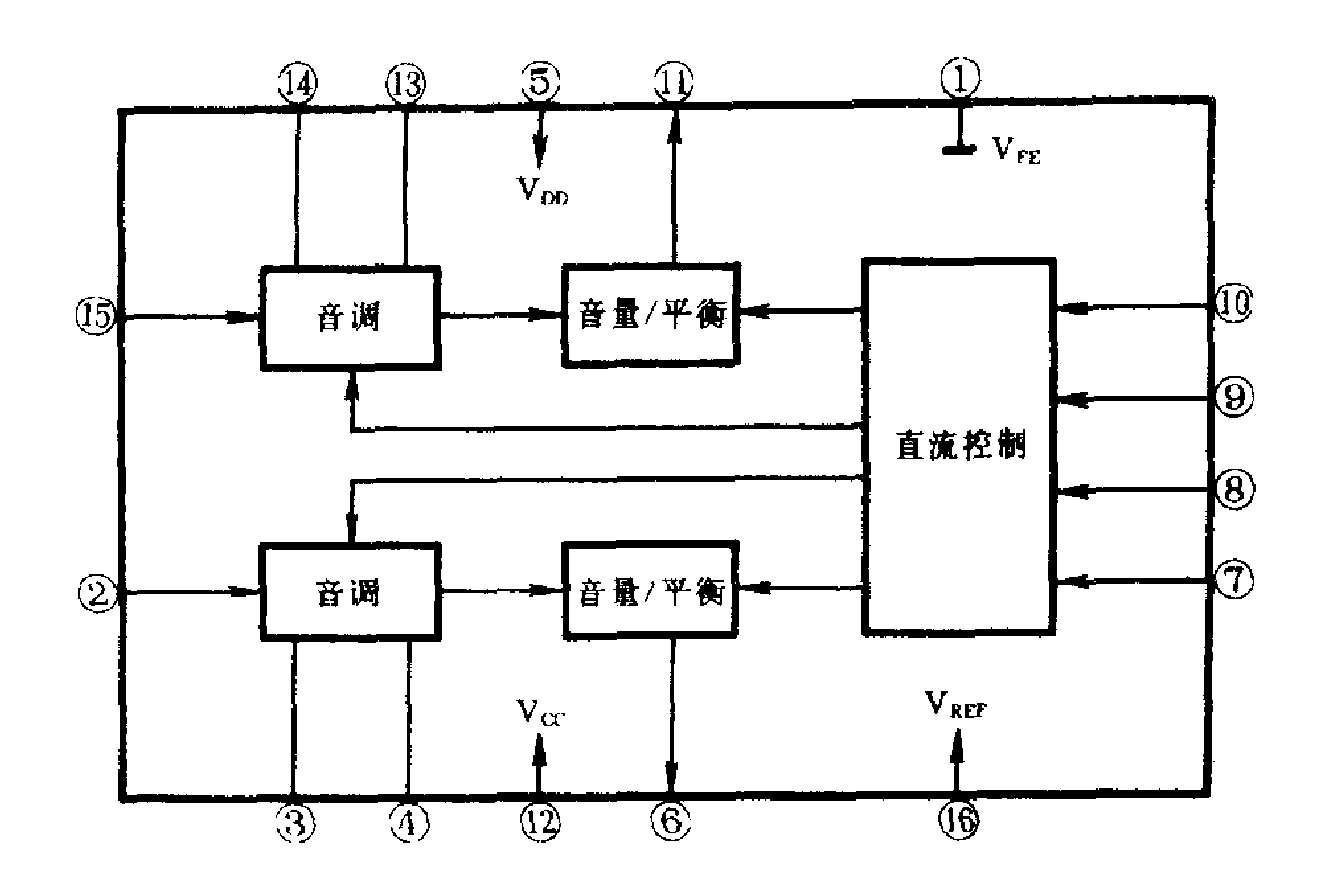


图 11－34　TA7630P 内电路方框图

TA7630P 既可以采用手动电位器调节，也可以采用遥控方式。其典型工作电压为 ±6V(12V)，工作电流 18mA，音量控制范围 80dB，高音控制范围 －14dB，低音控制范围 －11.5dB，声道平衡度 ±3.5dB。图 11－35 是 TA7630P 的应用电路。

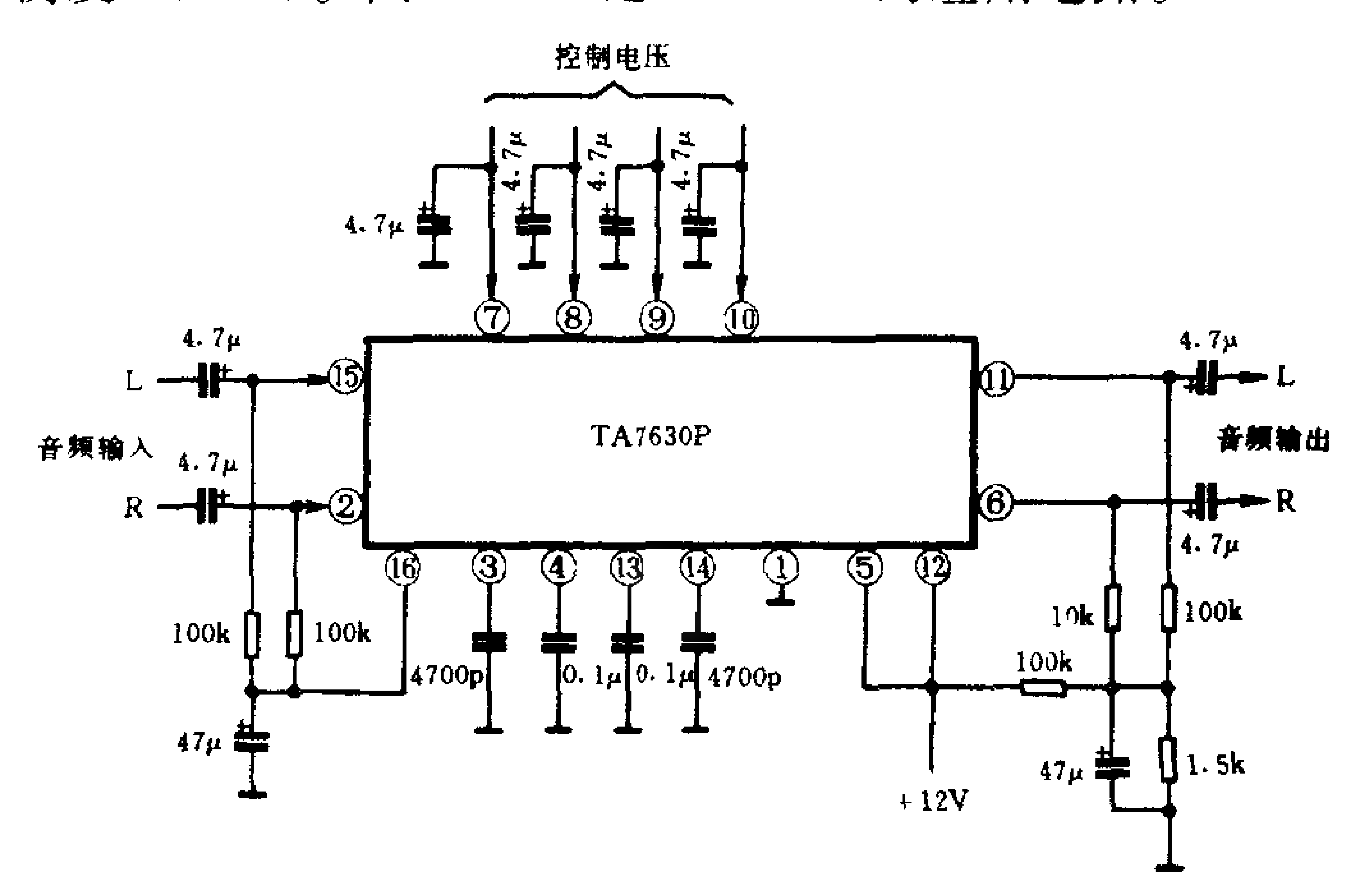


图 11－35　TA7630P 应用电路

3. TCA730A/740A 电子音量/音调控制集成电路

TCA730A 是电子音量控制集成电路，内部由可调增益放大器和音量平衡控制电压转换等电路组成，如图 11-36 所示，其各引脚功能见表 11-4。

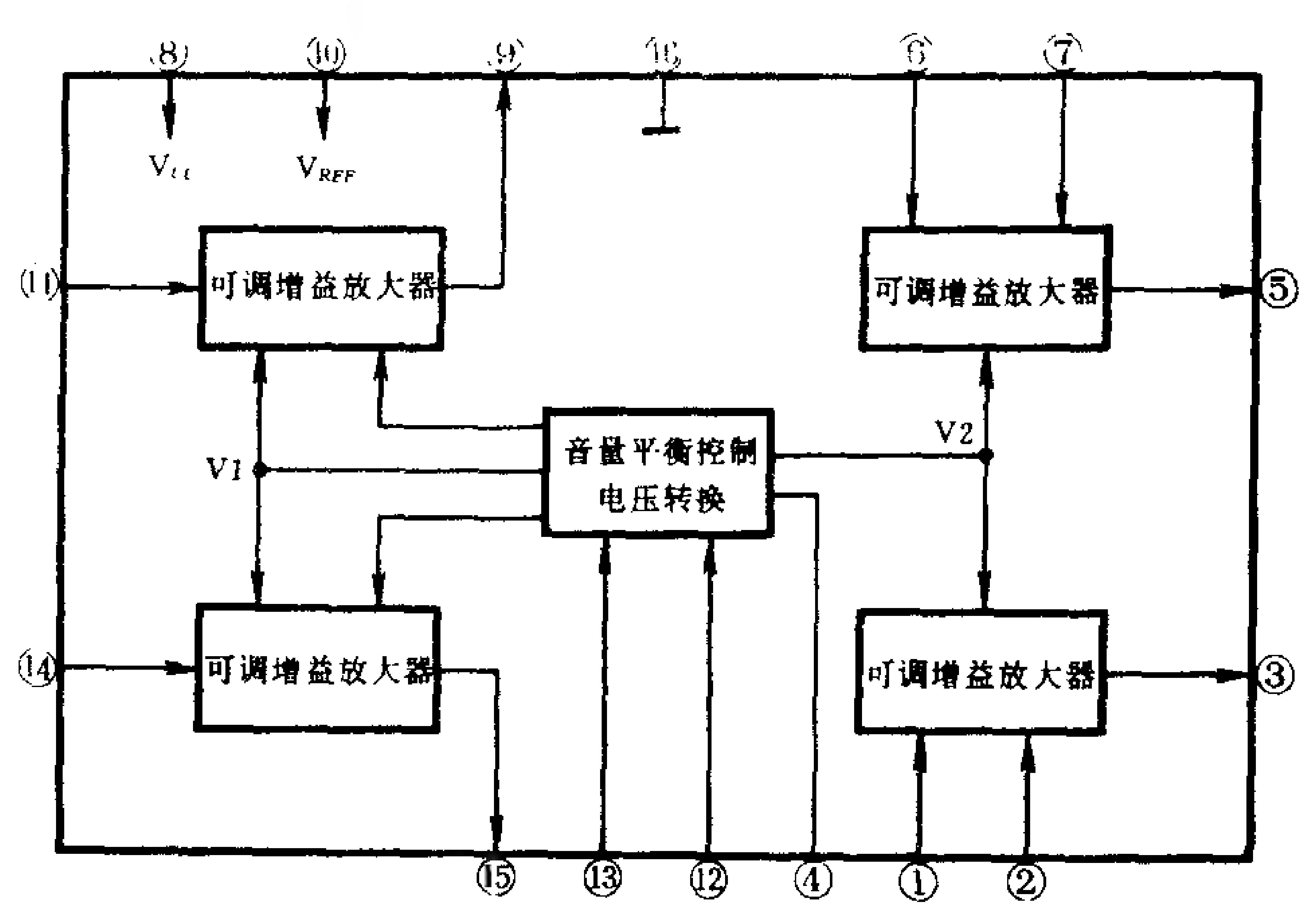


图 11-36 TCA730A 内电路方框图

表 11-4 TCA730A 各引脚功能

引脚	符号	功能	引脚	符号	功能
①	R IN2	右声道可调增益输出放大器输入端	⑨	L OUT1	左声道可调增益输入放大器输出端
②	R IN3		⑩	V_{REF}	基准电压端
③	R OUT2	右声道可调增益输出放大器输出端	⑪	L IN1	左声道可调增益输入放大器输入端
④	NC	空脚	⑫	B	音量控制端
⑤	L OUT2	左声道可调增益输出放大器输出端	⑬	M	声道平衡控制端

续表

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
[illegible]	L IN3	左声道可调增益输出放大器输入端	⑪	R IN1	右声道可调增益输入放大器输入端
[illegible]	L IN2		⑫	R OUT1	右声道可调增益输入放大器输出端
⑧	V_{CC}	电源端	⑮	GND	接地端

TCA740A 是电子音调控制集成电路，内部由可调增益放大电路和音调控制电压转换电路等组成，如图 11－37 所示，其各引脚功能见表 11－5。

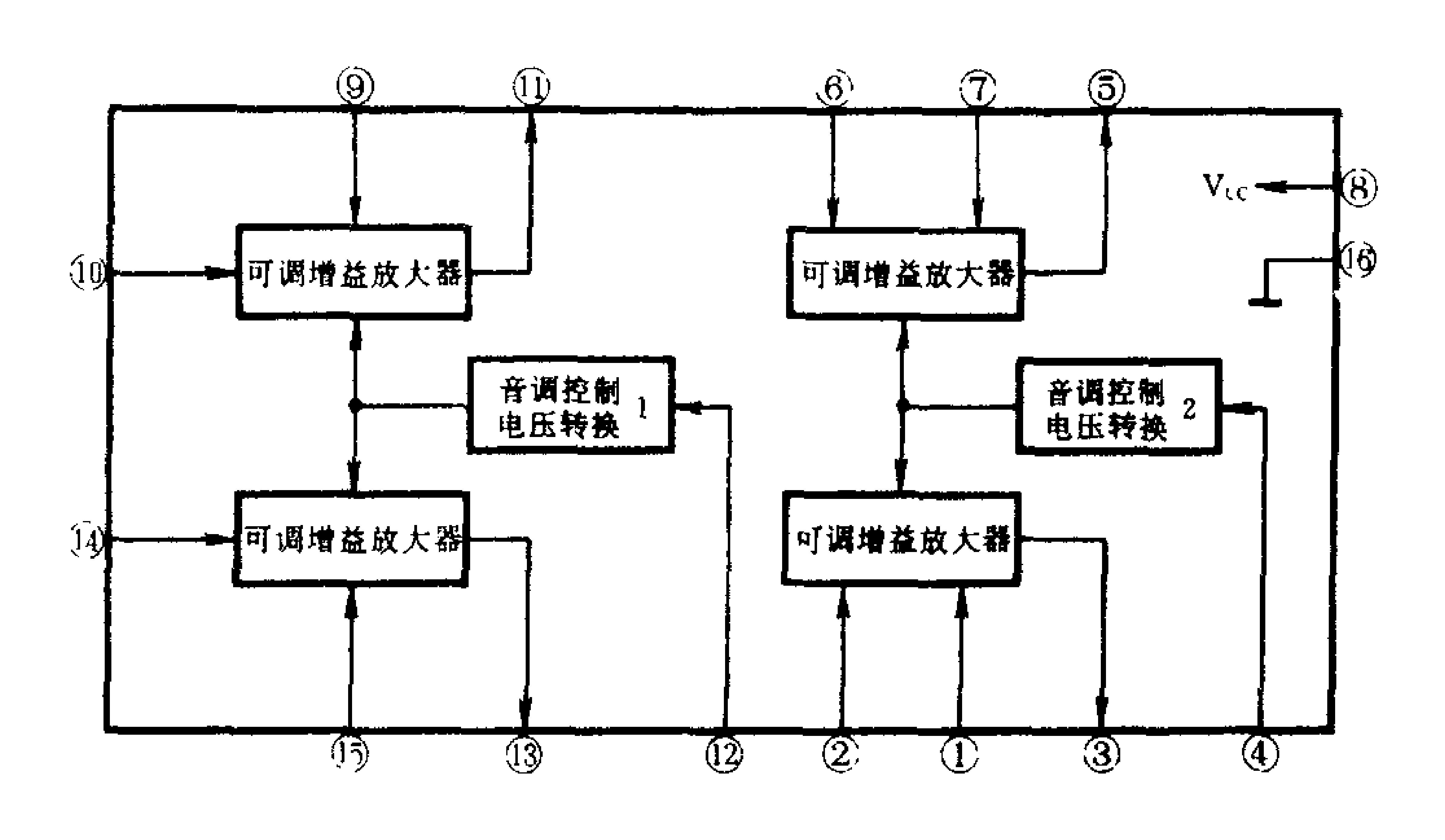


图 11－37　TCA740A 内电路方框图

TCA730A 的典型直流工作电压为 15V，工作电流 35mA，谐波失真 0.1%，输入电阻 250kΩ；TCA740A 的典型直流工作电压为 15V，工作电流 34mA，谐波失真 0.1%，输入电阻 800kΩ。两集成电路相配合，可组成较完整的音量/音调控制器。图 11－38 为 TCA730A/740A 的应用电路。

表 11-5　　　　TCA740A 各引脚功能

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	R IN4	右声道低音可调增益放大器输入端	⑨	L IN2	左声道高音可调增益放大器输入端
②	R IN3		⑩	L IN1	
③	R OUT2	右声道低音可调增益放大器输出端	⑪	L OUT1	左声道高音可调增益放大器输出端
④	L	低音控制端	⑫	H	高音控制端
⑤	L OUT2	左声道低音可调增益放大器输出端	⑬	R OUT1	右声道高音可调增益放大器输出端
⑥	L IN3	左声道低音可调增益放大器输入端	⑭	R IN1	右声道高音可调增益放大器输入端
⑦	L IN4		⑮	R IN2	
⑧	V_{CC}	电源端	⑯	GND	接地端

4. TC9154P/TC9156P 电子音量/音调控制集成电路

TC9154P 是电子音量控制集成电路，内部由移位寄存器、电平转换、衰减器和锁存器等组成，如图 11-39 所示，其各引脚功能见表 11-6。

表 11-6　　　　TC9154P 各引脚功能

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	V_{SS}	负电源端	⑨	CK	时钟信号输入端
②	L OUT1	左声道输出端 1	⑩	DATA	串行控制数据输入端
③	L IN1	左声道输入端 1	⑪	R OUT2	右声道输出端 2
④	A GND	模拟接地端	⑫	R IN2	右声道输入端 2
⑤	L IN2	左声道输入端 2	⑬	A GND	模拟接地端
⑥	L OUT2	左声道输出端 2	⑭	R IN1	右声道输入端 1
⑦	ST	选通信号输入端	⑮	R OUT1	右声道输出端 1
⑧	GND	接地端	⑯	V_{DD}	正电源端

TC9154P 具有任意音量衰减及通道平衡控制功能，其典型工作电压为 ±6V，工作电流 1mA，谐波失真 0.005%，时钟频率

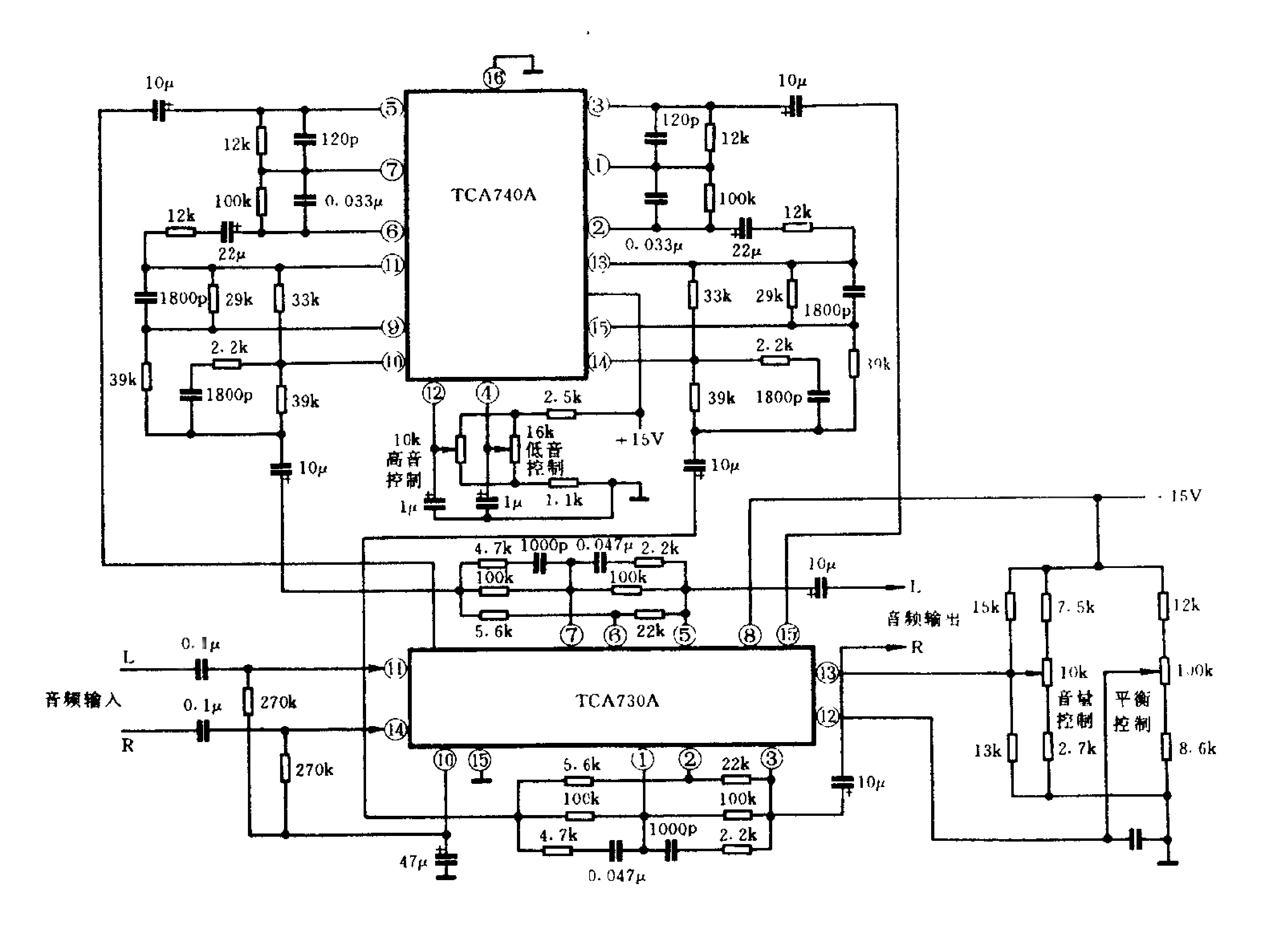


图 11－38　TCA730A/740A 应用电路

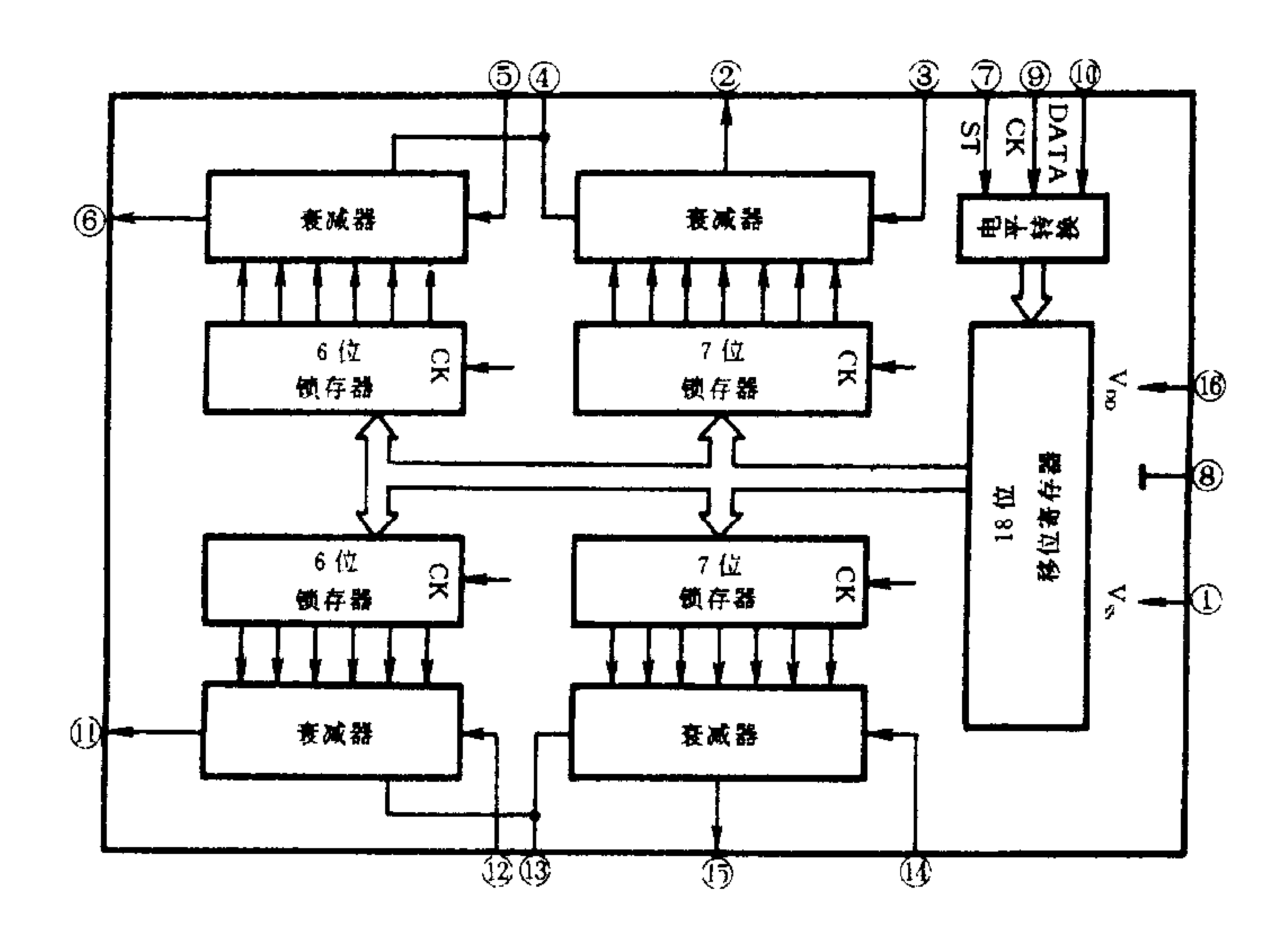


图 11－39　TC9154P 内电路方框图

小于 100kHz。该集成电路通常是与 TC9156P 配合组成完整的音量、音调控制器。

TC9156P 是电子音调控制集成电路，内部也由移位寄存器、电平转换、衰减器、锁存器等组成，如图 11－40 所示，其各引脚功能见表 11－7。

表 11－7　　　　TC9156P 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	V_{SS}	负电源端	⑨	CK	时钟输入端
②	L－3	左声道衰减器公共端	⑩	DATA	控制数据输入端
③	L－1	左声道衰减器输入端	⑪	ST	选通信号输入端
④	L－2	左声道衰减器输出端	⑫	INH	初始化清零端
⑤	C1	音调工作控制数据位端	⑬	R－2	右声道衰减器输出端
⑥	C2		⑭	R－1	右声道衰减器输入端
⑦	C3		⑮	R－3	右声道衰减器公共端
⑧	GND	接地端	⑯	V_{DD}	正电源端

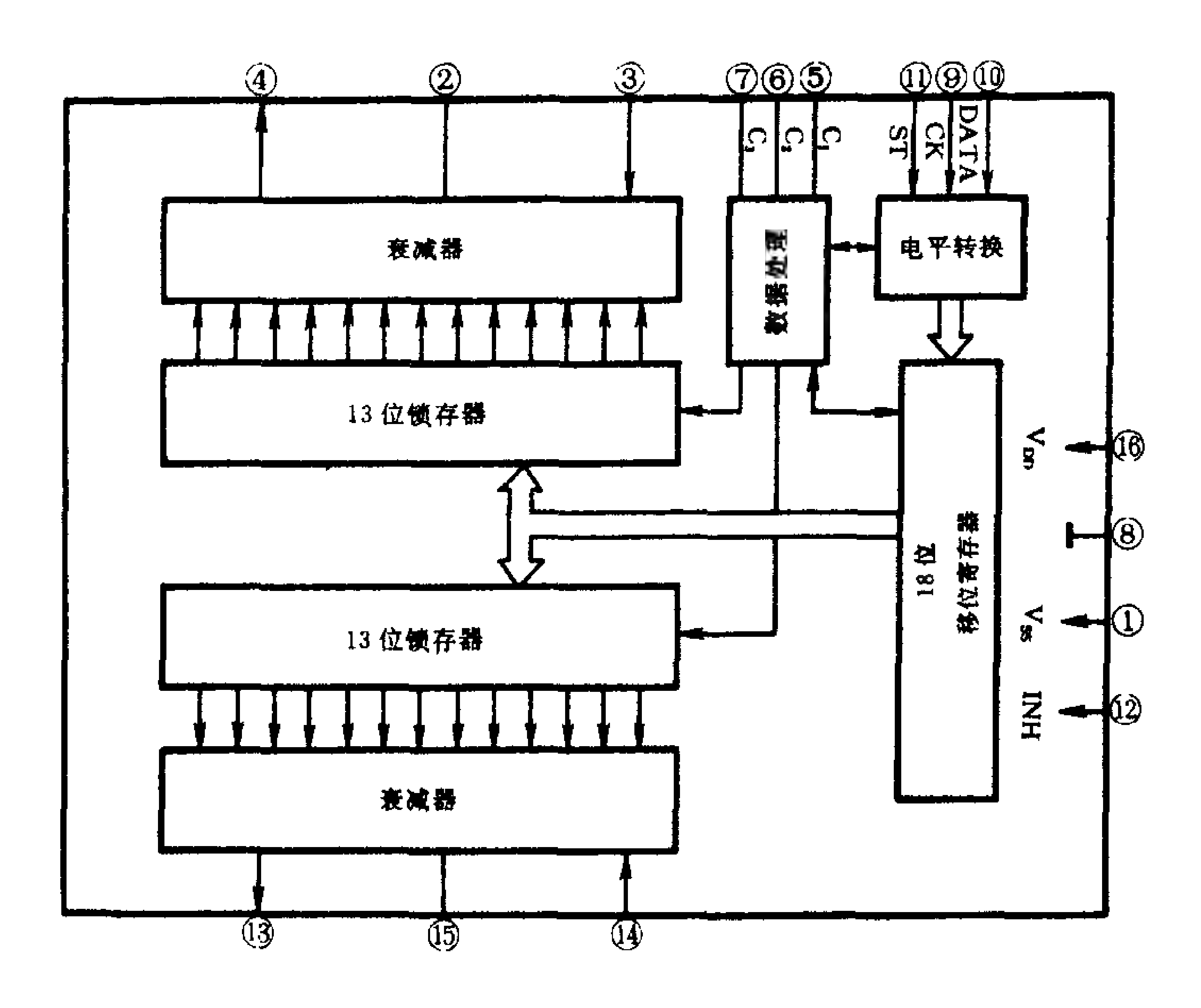


图 11-40　TC9156P 内电路方框图

5. TC9212P 电子音量控制集成电路

TC9212P 是电子音量控制集成电路，内部由变换寄存器、锁存器、电平变换、-10dB/步衰减、-2dB/步衰减等电路组成，如图 11-41 所示，其各引脚功能见表 11-8。

表 11-8　　　　TC9212P 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	V_{SS}	负电源端	⑪	DATA	控制数据输入端
②	L OUT1	左声道 -10dB/步衰减输出端	⑫	ST	复位信号输入端
③	L IN1	左声道 -10dB/步衰减输入端	⑬	R IN2	右声道 -2dB/步衰减输入端
④	NC	空脚	⑭	R OUT2	右声道 -2dB/步衰减输出端

续表

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
⑤		外接 GND	⑮		外接 GND
⑥			⑯		
⑦	L OUT2	左声道 -2dB/步衰减输出端	⑰	NC	空脚
⑧	L IN2	左声道 -2dB/步衰减输入端	⑱	R IN1	右声道 -10dB/步衰减输入端
⑨	GND	接地端	⑲	R OUT1	右声道 -10dB/步衰减输出端
⑩	CK	时钟输入端	⑳	V_{DD}	正电源端

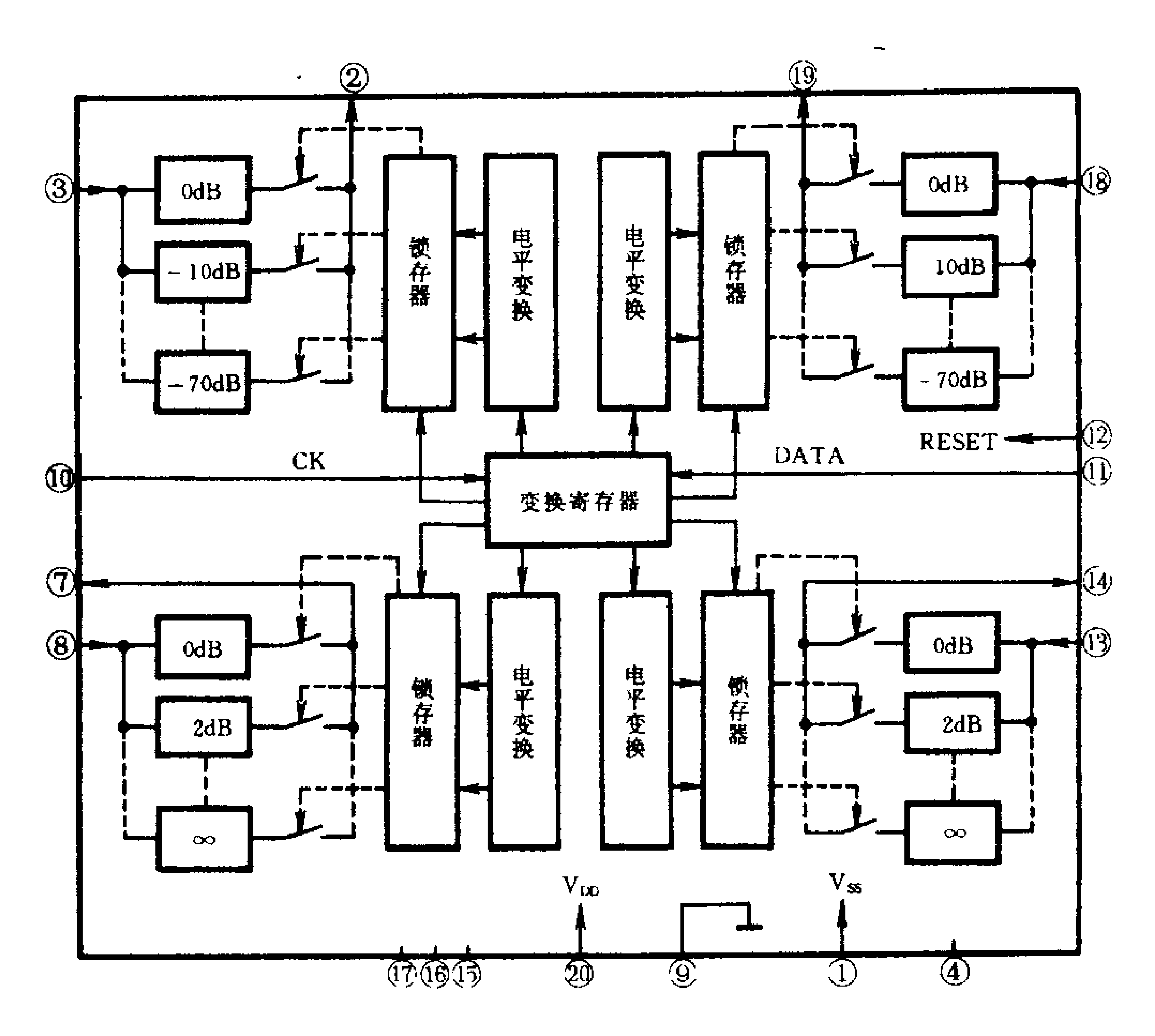


图 11-41　TC9212P 内电路方框图

TC9212P 的应用电路如图 11-42 所示。

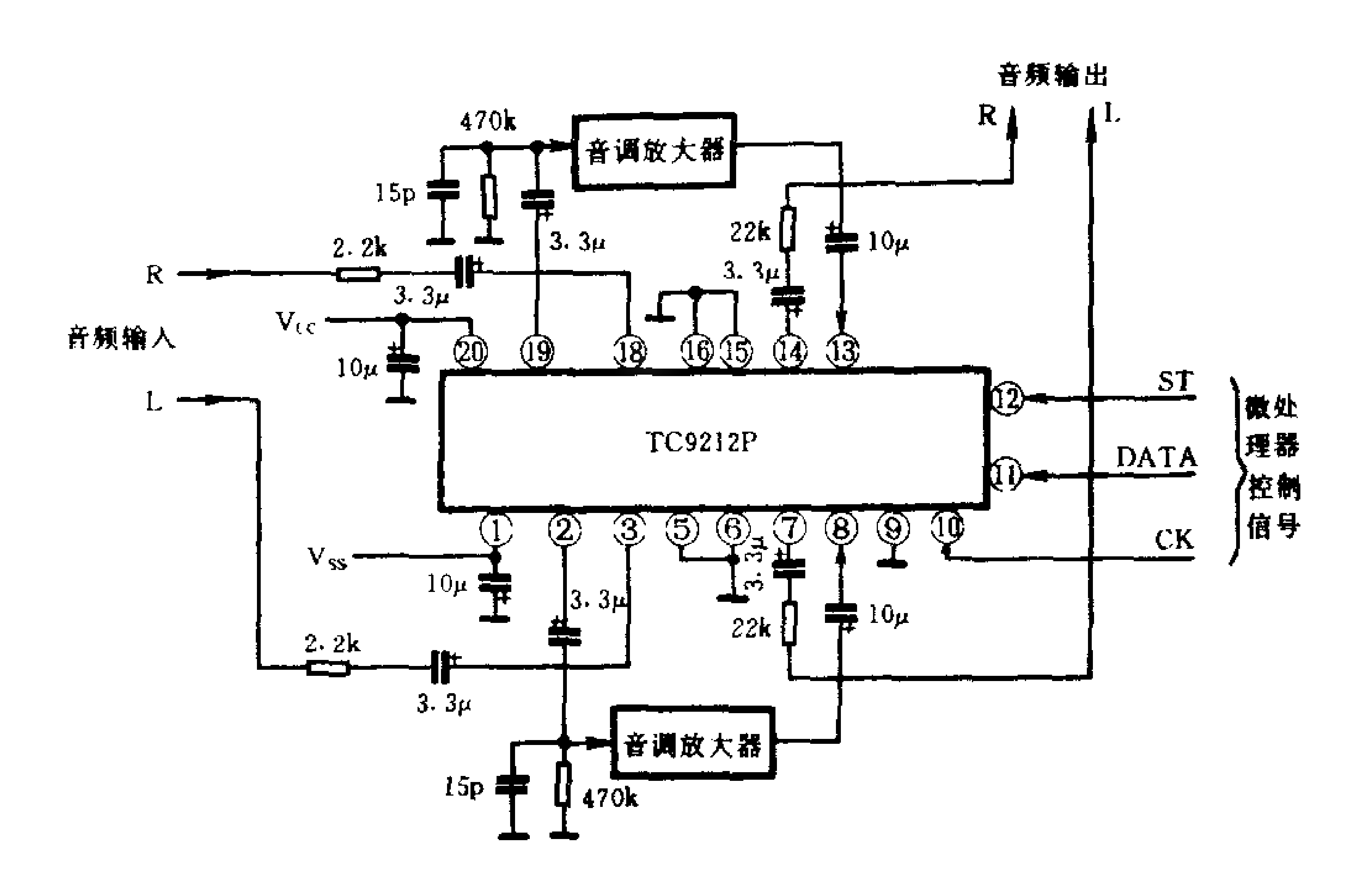


图 11－42　TC9212P 应用电路

6. TDA1524A 电子音量/音调控制集成电路

TDA1524A 是飞利浦公司研制的电子音量、音调控制集成电路，内部由音量控制放大、高低音控制放大、音量/平衡控制电压转换、高音控制电压转换、低音控制电压转换和电源稳压等电路组成，如图 11－43 所示，其各引脚功能见表 11－9。

表 11－9　　　　TDA1524A 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	VOL	音量控制端	⑩	H	高音控制端
②	AB	声道平衡控制端	⑪	L OUT	左声道输出端
③	V_{CC}	电源端	⑫	C4	外接电容
④	R IN	右声道输入端	⑬	C5	
⑤	C1	外接电容	⑭	C6	
⑥	C2		⑮	L IN	左声道输入端
⑦	C3		⑯	AB	声道平衡控制端
⑧	R OUT	右声道输出端	⑰	V	稳压电源输出端
⑨	L	低音控制端	⑱	GND	接地端

TDA1524A 的典型直流工作电压为 8.5V，工作电流 27mA，音

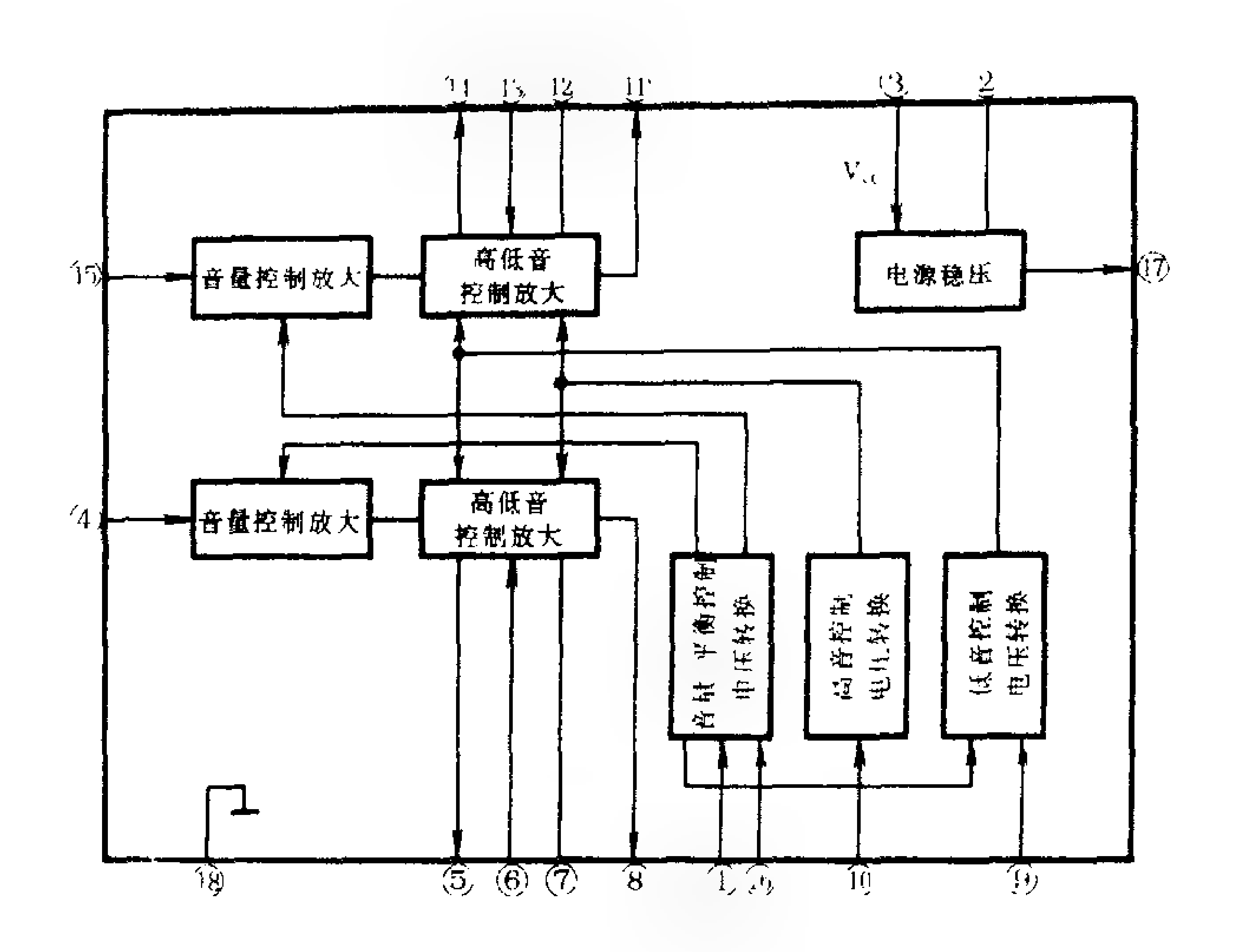


图 11－43　TDA1524A 内电路方框图

量控制范围 100dB，声道平衡控制范围 －40dB，低音控制范围 －19dB～＋17dB，高音控制范围 ±15dB，声道分离度 60dB。图 11－

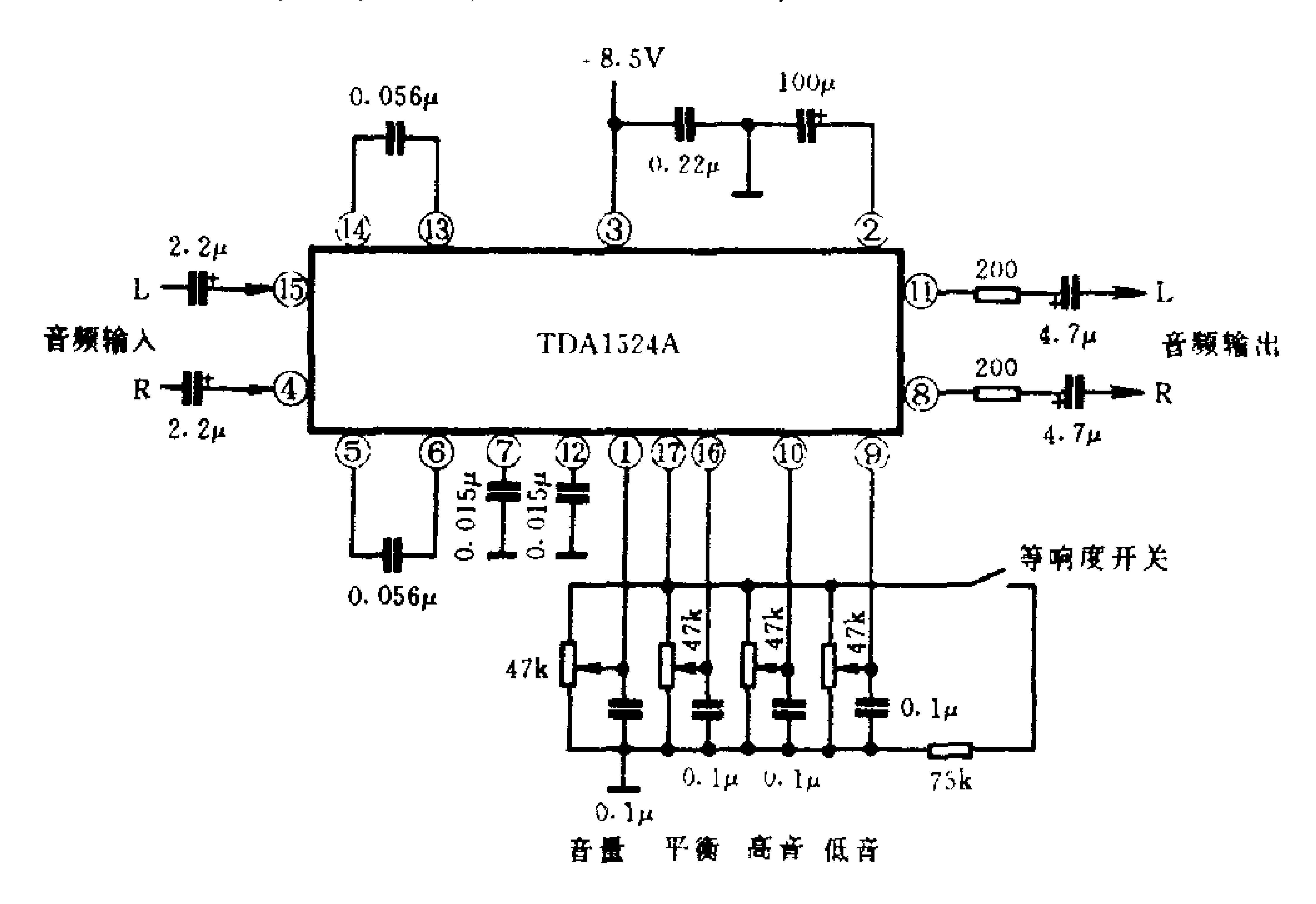


图 11－44　TDA1524A 应用电路

44 是 TDA1524A 的应用电路。

7. LC7533/7534M 电子音量控制集成电路

LC7533/7534M 是双声道 16 级音量控制集成电路，内部由电子开关、逻辑控制、计数器、译码器等电路组成，如图 11－45 所示，其各引脚功能见表 11－10。

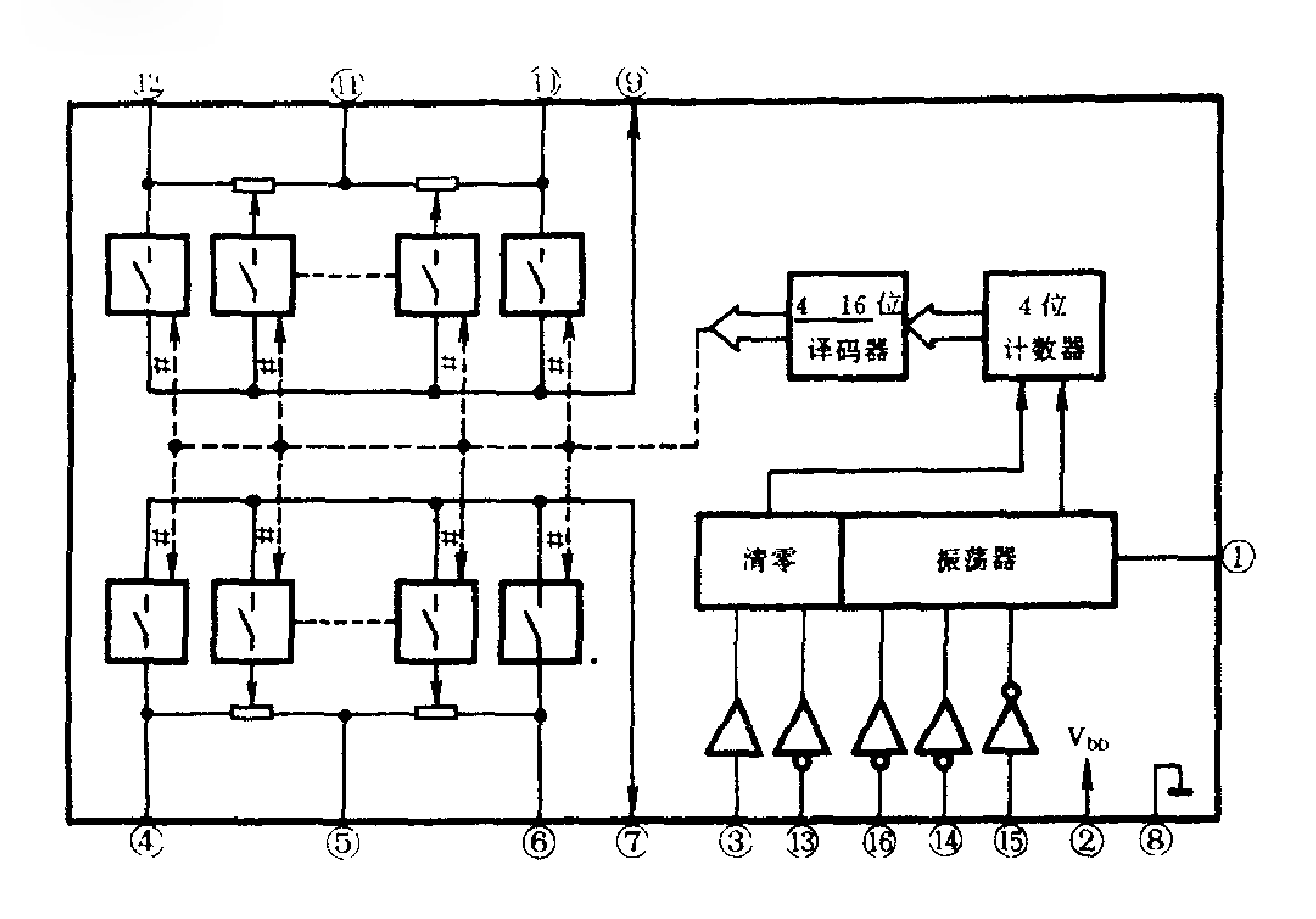


图 11－45 LC7533/7534M 内电路方框图

表 11－10 LC7533/7534M 各引脚功能

引脚	符号	功能	引脚	符号	功能
①	NC	空脚	⑨	OUT2	右声道输出端
②	V_{DD}	正电源端	⑩	VM2	偏置电压端
③	CE	片选信号输入端	⑪	CT2	中心抽头
④	LIN1	左声道输入端	⑫	IN2	右声道输入端
⑤	CT1	中心抽头	⑬	$\overline{INIT}$	初始化清零端
⑥	VM1	偏置电压端	⑭	$\overline{DN}$	音量递减控制端
⑦	LOUT1	左声道输出端	⑮	CR	时间常数端
⑧	V_{SS}	负电源端	⑯	$\overline{UP}$	音量递增控制端

LC7533/7534M 的工作电压为 2.1V～4.5V，其应用电路如图 11－46 所示。

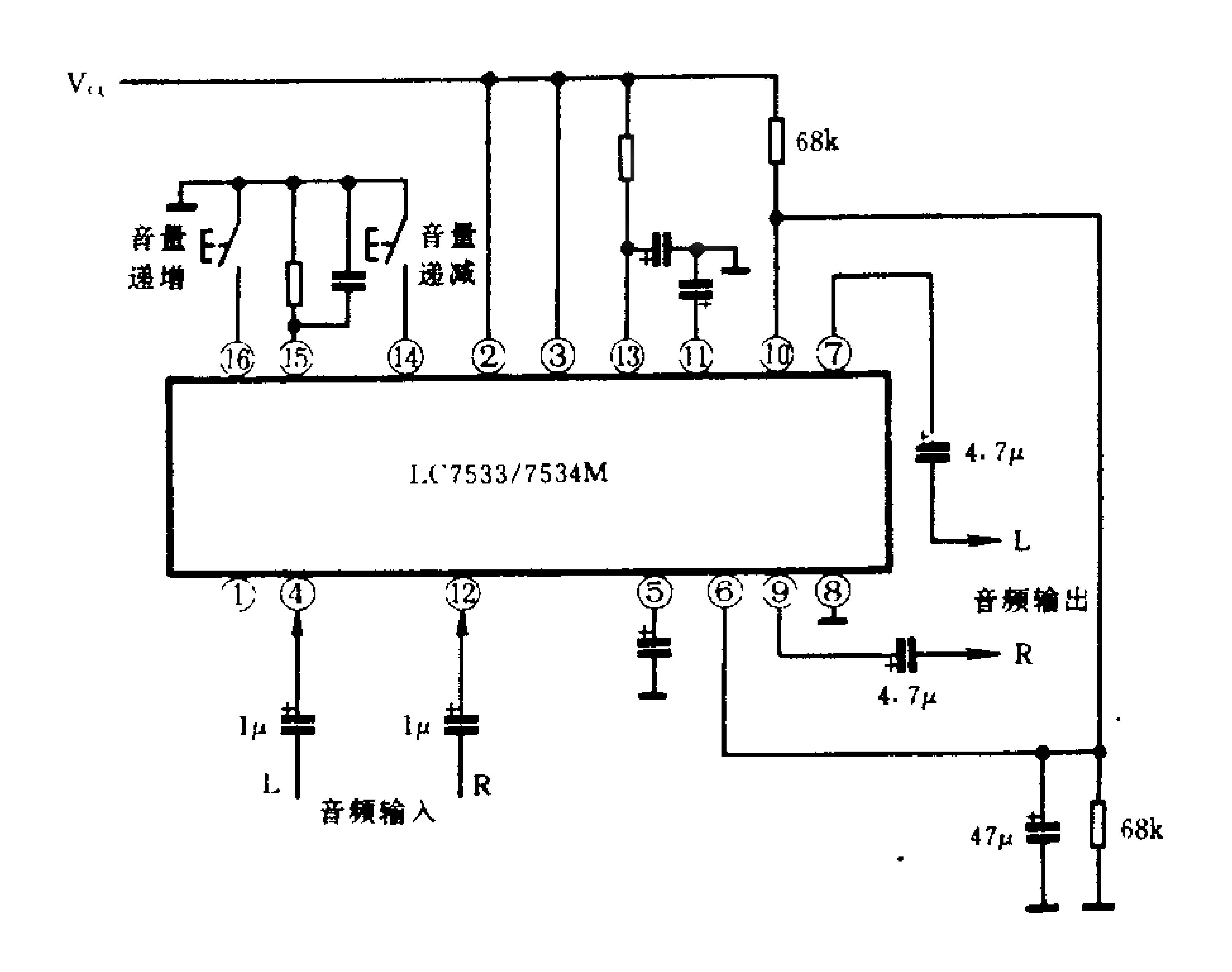


图 11－46　LC7533/7534M 应用电路

8．LM1035 音量/音调/平衡控制集成电路

LM1035 是采用直流电压控制的双声道音量、音调、声道平衡控制集成电路，内部由稳压器、音量控制、音调控制和音量/平衡等电路组成，如图 11－47 所示，其各引脚功能见表 11－11。

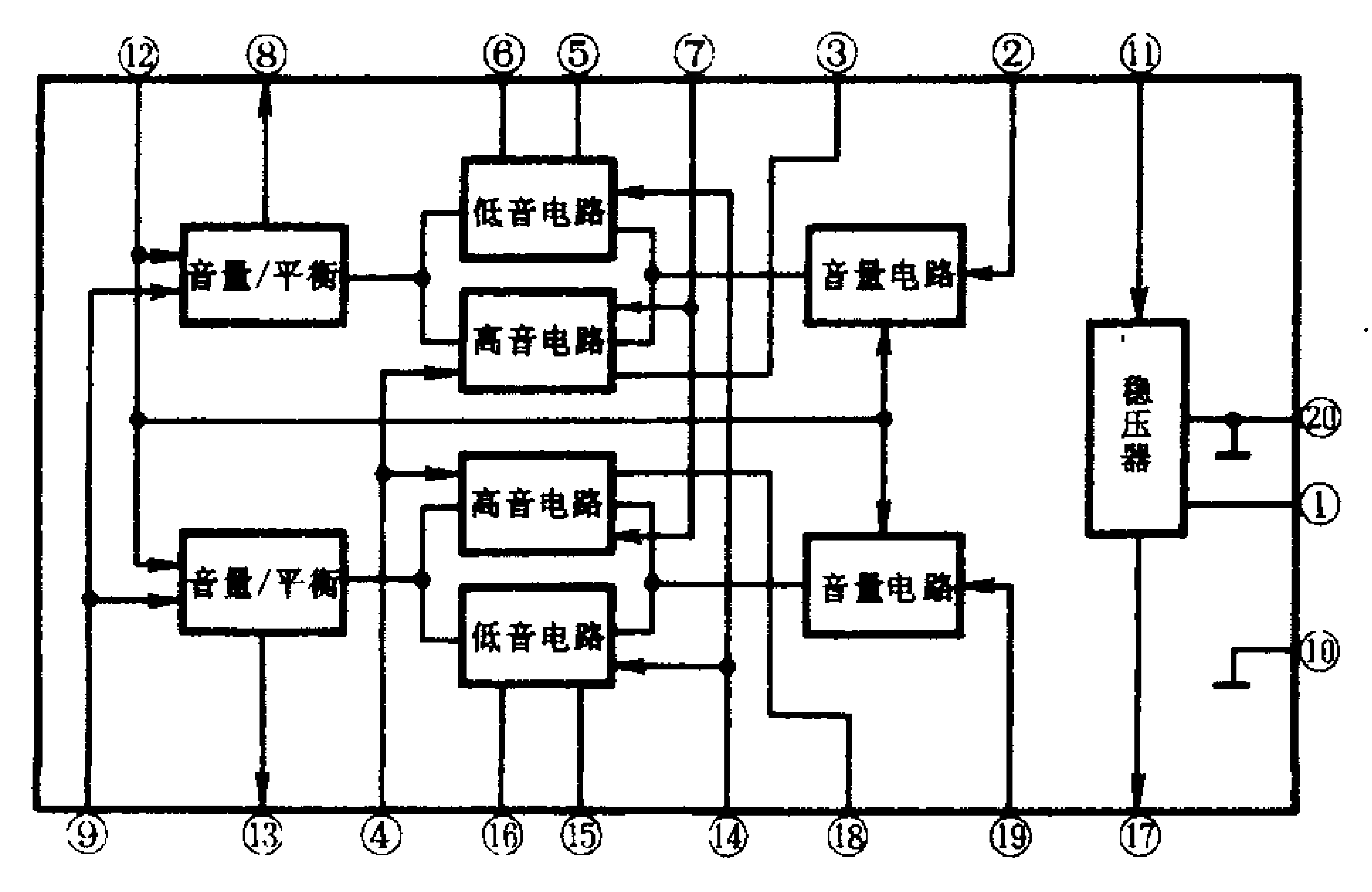


图 11－47　LM1035 内电路方框图

表 11-11　　　　LM1035 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	VC	电源滤波端	⑪	V_{CC}	电源端
②	L IN	左声道输入端	⑫	VOL	音量控制输入端
③	C1	外接高音电容	⑬	R OUT	右声道输出端
④	H1	高音控制输入端	⑭	L	低音控制输入端
⑤	C2	内接低音电路,外接电容	⑮	C4	外接低音电容
⑥	C3	外接低音电容	⑯	C5	内接低音电路,外接电容
⑦	H2	高音补偿控制输入端	⑰	VO	稳压输出端
⑧	L OUT	左声道输出端	⑱	C6	外接高音电容
⑨	AB	声道平衡控制输入端	⑲	R IN	右声道输入端
⑩	GND	接地端	⑳	GND	接地端

LM1035 的直流工作电压为 8V～18V,典型值为 +12V,工作电流 35mA,音量控制范围 80dB,高音控制范围为 ±15dB,低音控制范围为 ±15dB。图 11-48 是 LM1035 的应用电路。

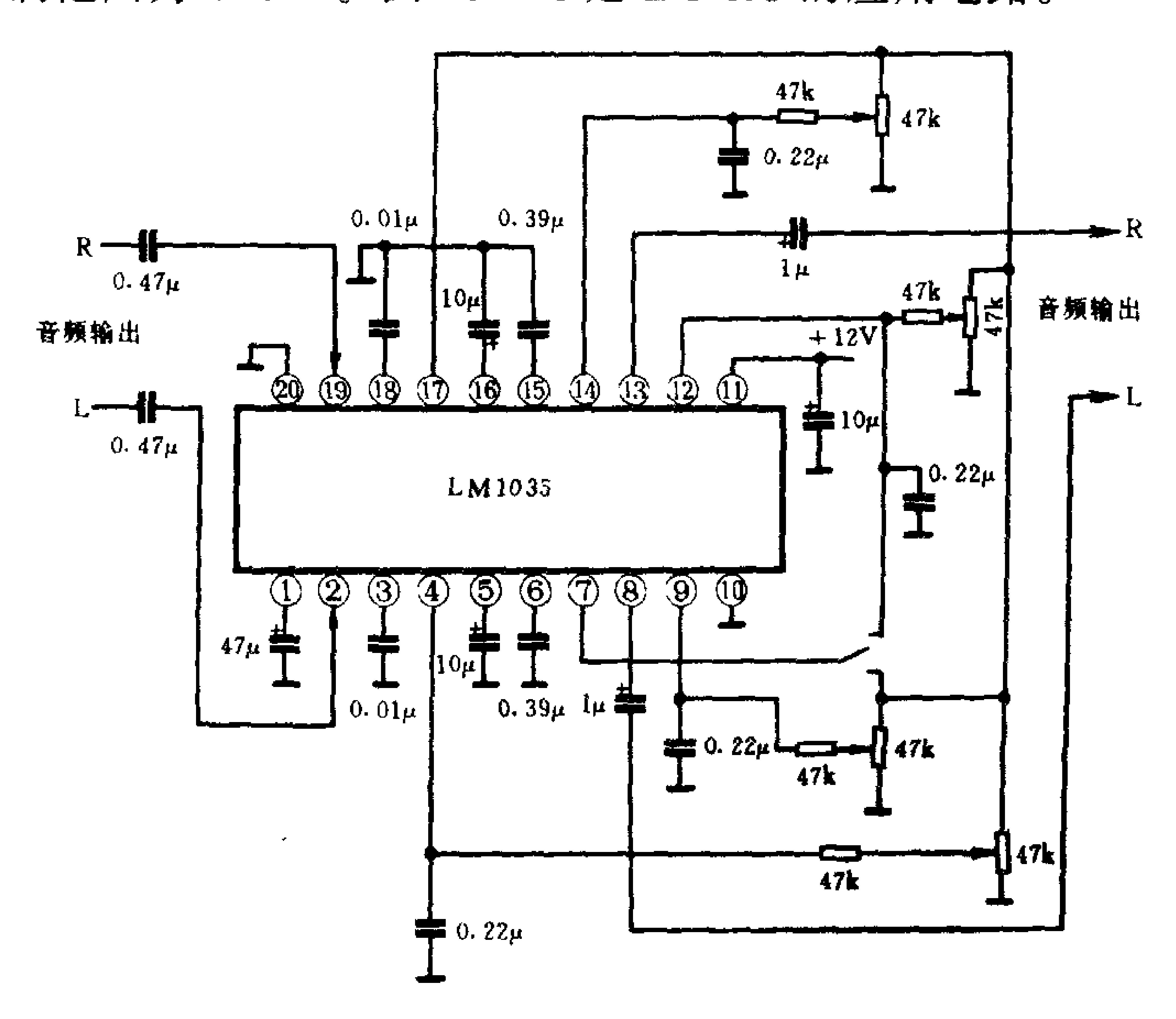


图 11-48　LM1035 应用电路

9. M62446FP 电子音量/音调控制集成电路

M62446FP 是日本三菱公司推出的带音调控制功能的 6 声道电子音量控制集成电路，内部由音量控制、音调控制、微机控制接口和输出接口等组成，如图 11－49 所示，其各引脚功能见表 11－12。

表 11－12　　　　M62446FP 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	OUT4	输出端 4	㉒	C5	右声道低音调节电容端
②	OUT3	输出端 3	㉓	C6	
③	OUT2	输出端 2	㉔	C7	
④	OUT1	输出端 1	㉕	C8	外接高音调节电容
⑤	AV_{DD}	模拟电源端	㉖	R OUT1	右声道音调控制输出端
⑥	SWin	超重低音声道输入端	㉗	R IN1	右声道音调控制反馈输入端
⑦	GND	接地端	㉘	L OUT1	左声道音调控制输出端
⑧	SRin	右环绕声道输入端	㉙	L IN1	左声道音调控制反馈输入端
⑨	SLin	左环绕声道输入端	㉚	AV_{SS}	模拟负电源端(－7V)
⑩	GND	接地端	㉛	L OUT	左声道输出端
⑪	Cin	中置声道输入端	㉜	R OUT	右声道输出端
⑫	GND	接地端	㉝	COUT	中置声道输出端
⑬	Rin	右声道输入端	㉞	SLOUT	左环绕声道输出端
⑭	GND	接地端	㉟	SROUT	右环绕声道输出端
⑮	Lin	左声道输入端	㊱	SWOUT	超重低音声道输出端
⑯	Rin0	右声道直通输入端	㊲	GND	接地端
⑰	Lin0	左声道直通输入端	㊳	GND	
⑱	C1	外接高音调节电容	㊴	LATCH	总线控制锁存信号输入端
⑲	C2	左声道低音调节电容端	㊵	DATA	总线控制数据输入端
⑳	C3		㊶	CLK	总线控制时钟输入端
㉑	C4		㊷	DV_{DD}	数字电源端(＋5V)

M62446FP 内置由 16 位串行数据控制的微机接口。微处理

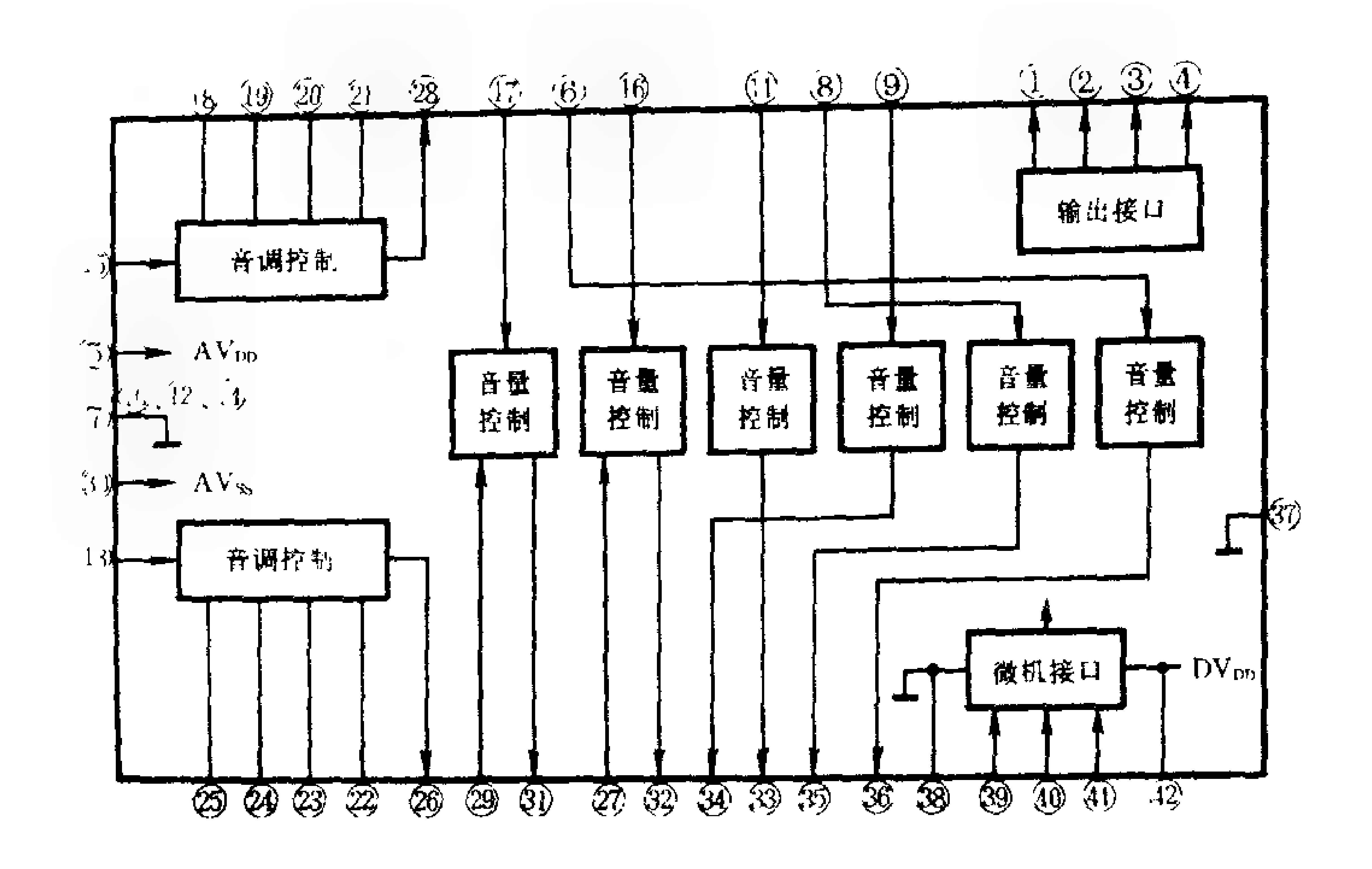


图 11-49　M62446FP 内电路方框图

器通过该接口，采用总线控制方式（即通过 CLK、DATA 和 LATCH 信号）对 6 路输出音频信号进行音量控制、对两路音频信号进行音调控制。音量控制电平为 0dB～－79dB，（1dB/步）；音调控制为 0dB～±10dB(2dB/步)。该集成电路的模拟工作电压为±4.5V～±7.3V(典型值±7V)，数字工作电压为+4.5V～+5.5V(典型值+5V)。图 11-50 是 M62446FP 的应用电路。

10. XR1051 电子音量控制集成电路

XR1051 是美国 EXAR 公司推出的信号限制集成电路，主要在双声道立体声系统中用于音频信号的音量限制。其内部由可调增益放大器、双输入绝对值电路、峰值检测器和比较放大器等组成，如图 11-51 所示，各引脚功能见表 11-13。

XR1051 采用 16 脚双排直插式塑封。它具有动态范围宽、噪声低和失真小等特点。使用时，可通过对⑩脚（VMAX）的电平控制来实现音量的控制。图 11-52 为 XR1051 的应用电路。

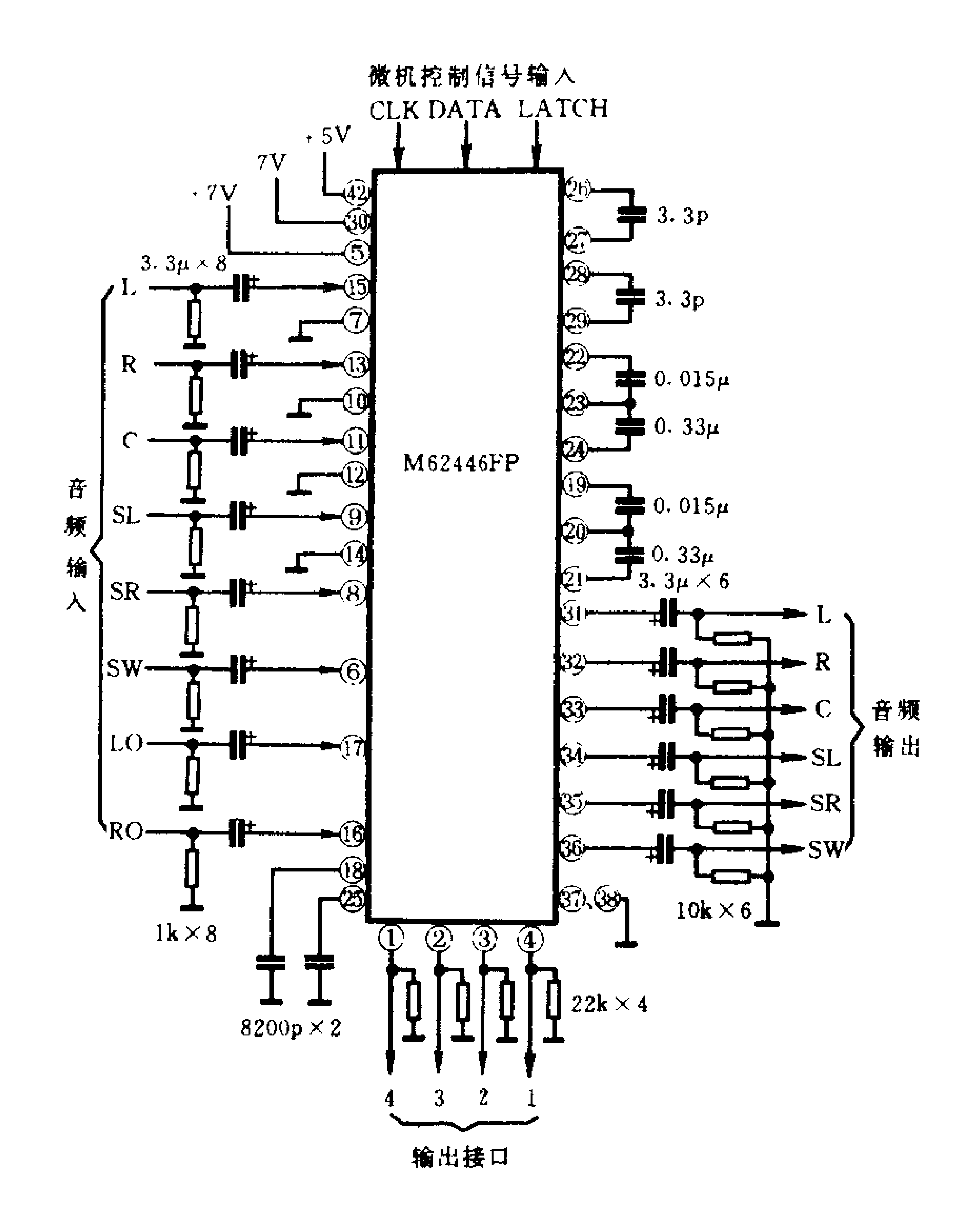


图 11－50　M62446FP 应用电路

表 11－13　　　　XR1051 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	VINB	右声道可调增益放大器输入端	⑤	VOUTB	右声道可调增益放大器输出端
②	VINA		⑥	ABSB	右声道绝对值放大器输入端
③	GND	接地端	⑦	ABSA	左声道绝对值放大器输入端
④	VOUTA	左声道可调增益放大器输出端	⑧	GND	接地端

续表

引脚	符号	功能	引脚	符号	功能
⑨	VCOMPARE	比较放大器输出端	⑬	ILIMIT	峰值检测器电流控制输入端
⑩	VMAX	比较放大器反相输入端(音量控制端)	⑭	R CEXT	峰值检测器时间常数端
⑪	NENABLE	使能禁止控制输入端	⑮	VREF	基准电压端
⑫	EDTIN	峰值检波器输入端	⑯	V_{CC}	电源端

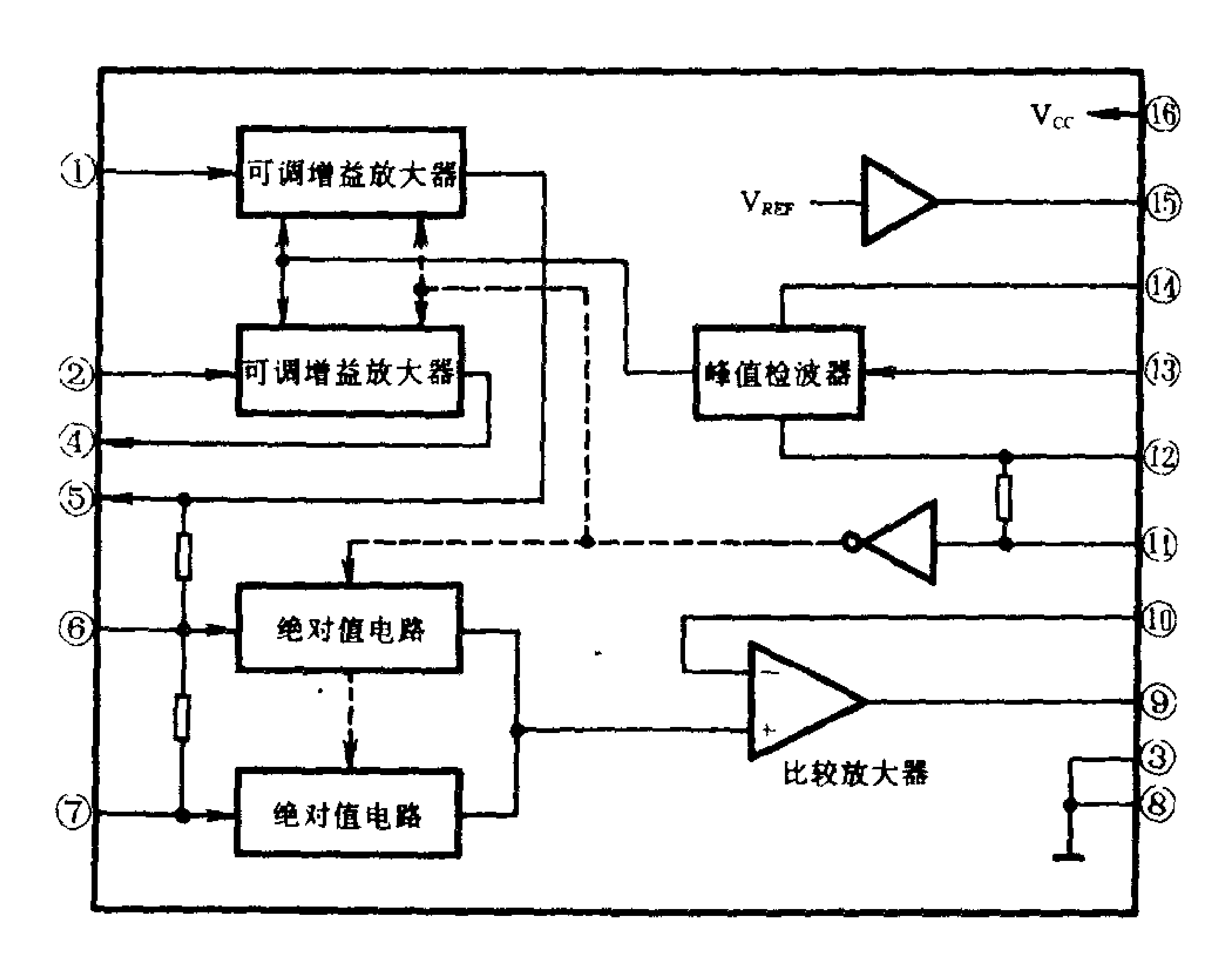


图 11－51　XR1051 内电路方框图

11. M51133P 电子音量控制集成电路

M51133P 是双声道电子音量和声道平衡控制集成电路，内部由两个 VCA 压控放大器和直流控制电路等组成，如图 11－53 所示，其各引脚功能见表 11－14。

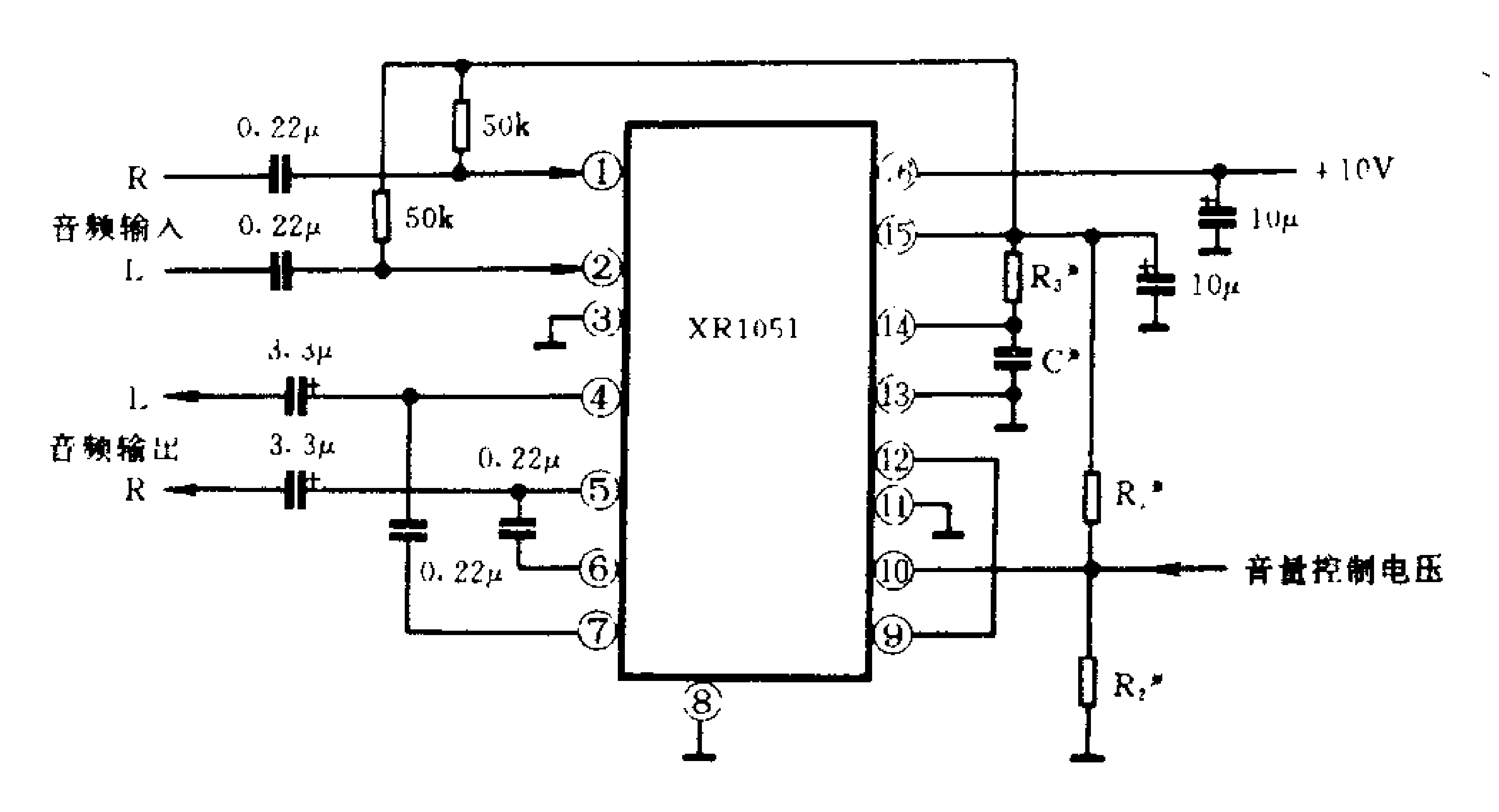


图 11－52　XR1051 应用电路

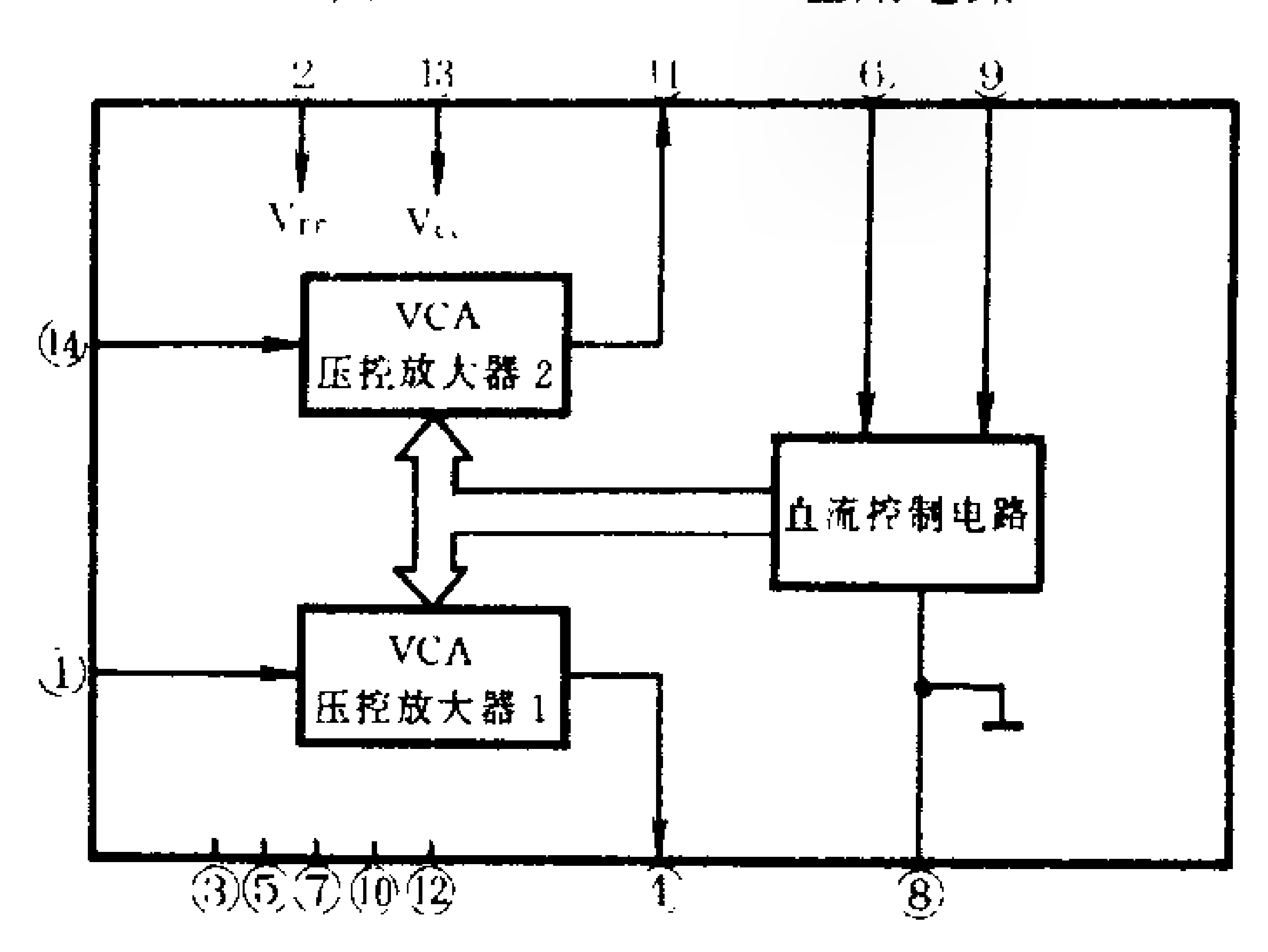


图 11－53　M51133P 内电路方框图

表 11－14　　　　　M51133P 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	L IN	左声道输入端	⑧	GND	接地端
②	V_{EE}	负电源端	⑨	VOL	音量控制端
③	NC	空脚	⑩	NC	空脚
④	L OUT	左声道输出端	⑪	R OUT	右声道输出端
⑤	NC	空脚	⑫	NC	空脚
⑥	AB	声道平衡控制端	⑬	V_{CC}	正电源端
⑦	NC	空脚	⑭	R IN	右声道输入端

M51133P 的典型工作电压为 ±15V，工作电流 17mA，谐波失

真 0.006%。其应用电路如图 11－54 所示。

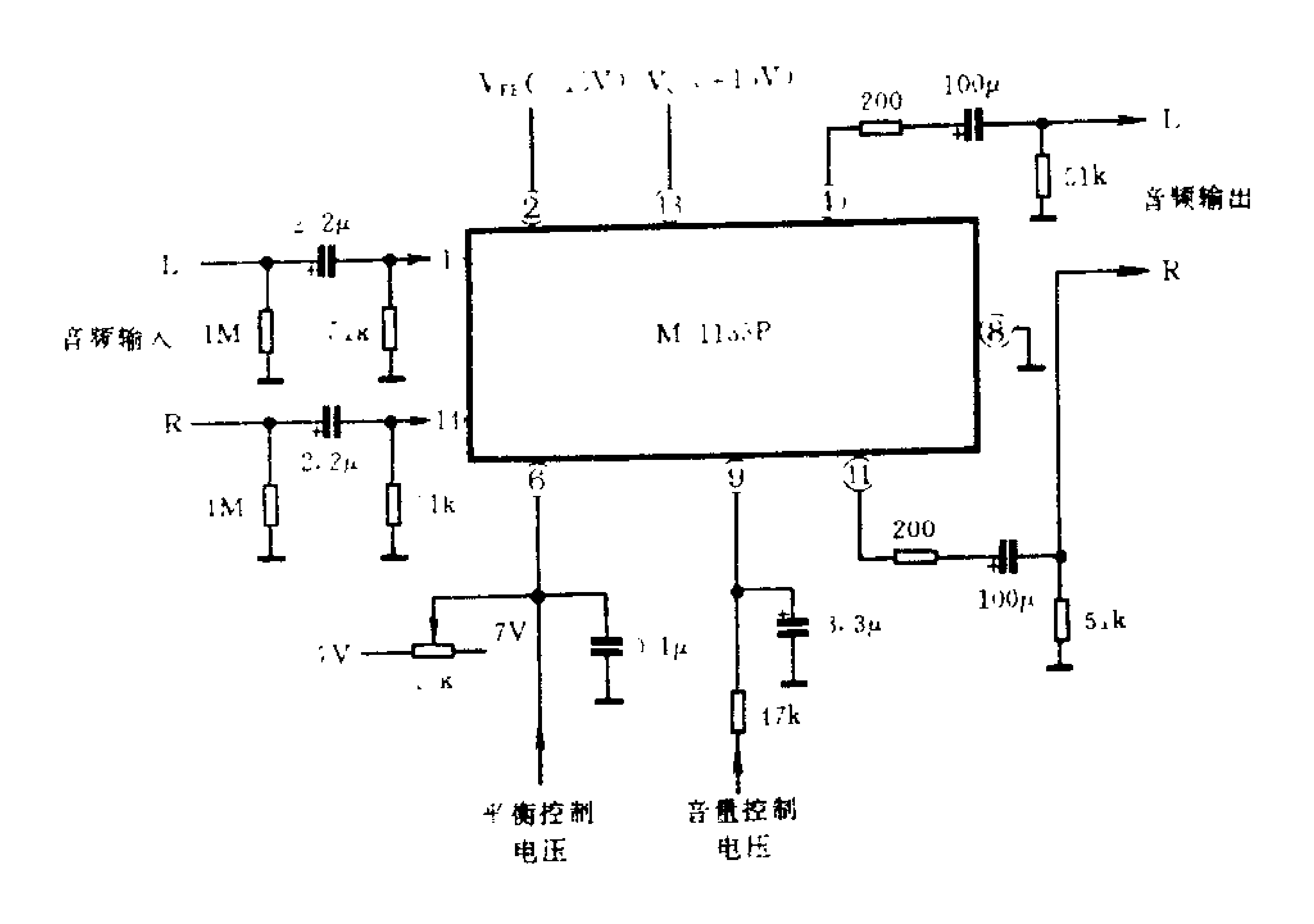


图 11－54　M51133P 应用电路

12. LM1040 音量/音调/平衡控制集成电路

LM1040 是集音量、音调、平衡、等响度、立体声扩展控制于一体的多功能集成电路，内部由稳压器、音量、高音电路、低音电

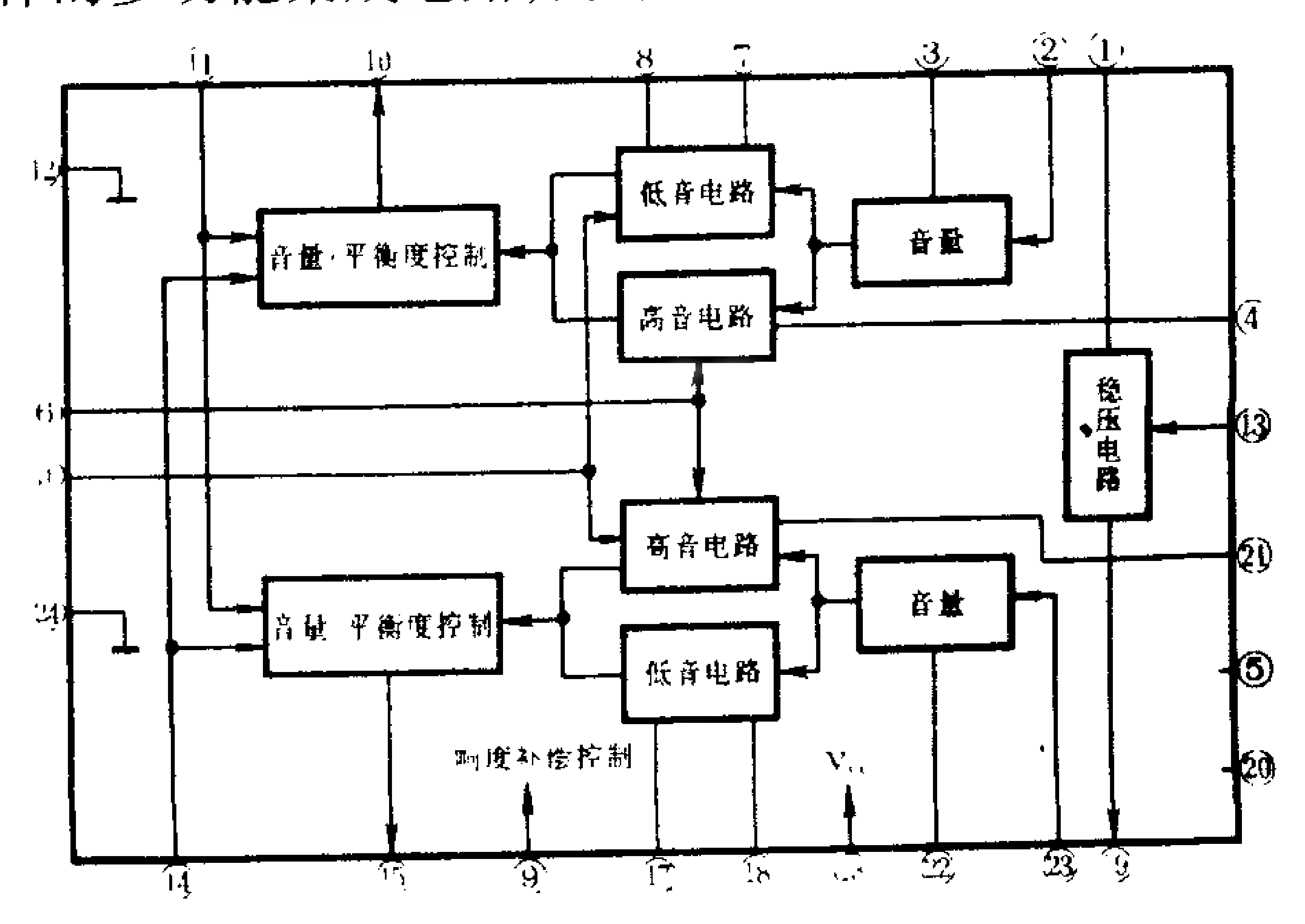


图 11－55　LM1040 内电路方框图

路和音量/平衡度控制等电路组成，如图 11－55 所示，其各引脚功能见表 11－15。

表 11－15　　　　LM1040 各引脚功能

引脚	功　　能	引脚	功　　能
①	稳压电源滤波端	⑬	电源端
②	左声道输入端	⑭	音量控制端
③	立体声增强控制端	⑮	右声道输出端
④	高音补偿端	⑯	低音控制端
⑤	空脚	⑰	低音补偿端
⑥	高音控制端	⑱	外接旁路电容
⑦	外接旁路电容	⑲	稳压输出端
⑧	低音补偿端	⑳	空脚
⑨	响度补偿控制端	㉑	高音补偿端
⑩	左声道输出端	㉒	立体声增强控制端
⑪	声道平衡度控制端	㉓	右声道输入端
⑫	接地端	㉔	接地端

LM1040 的电源电压为 8V～18V(典型值为 12V)，平衡度控制 75dB，低音控制范围 ±12dB～±18dB，高音控制范围 ±12dB～±18dB，声道分离度 75dB，信噪比 80dB。图 11－56 是 LM1040 的应用电路。

13. M5229P 图示均衡集成电路

M5229P 是 20 脚双列式图示均衡集成电路，内部由 8 个运算放大器组成，如图 11－57 所示。其各引脚功能见表 11－16。

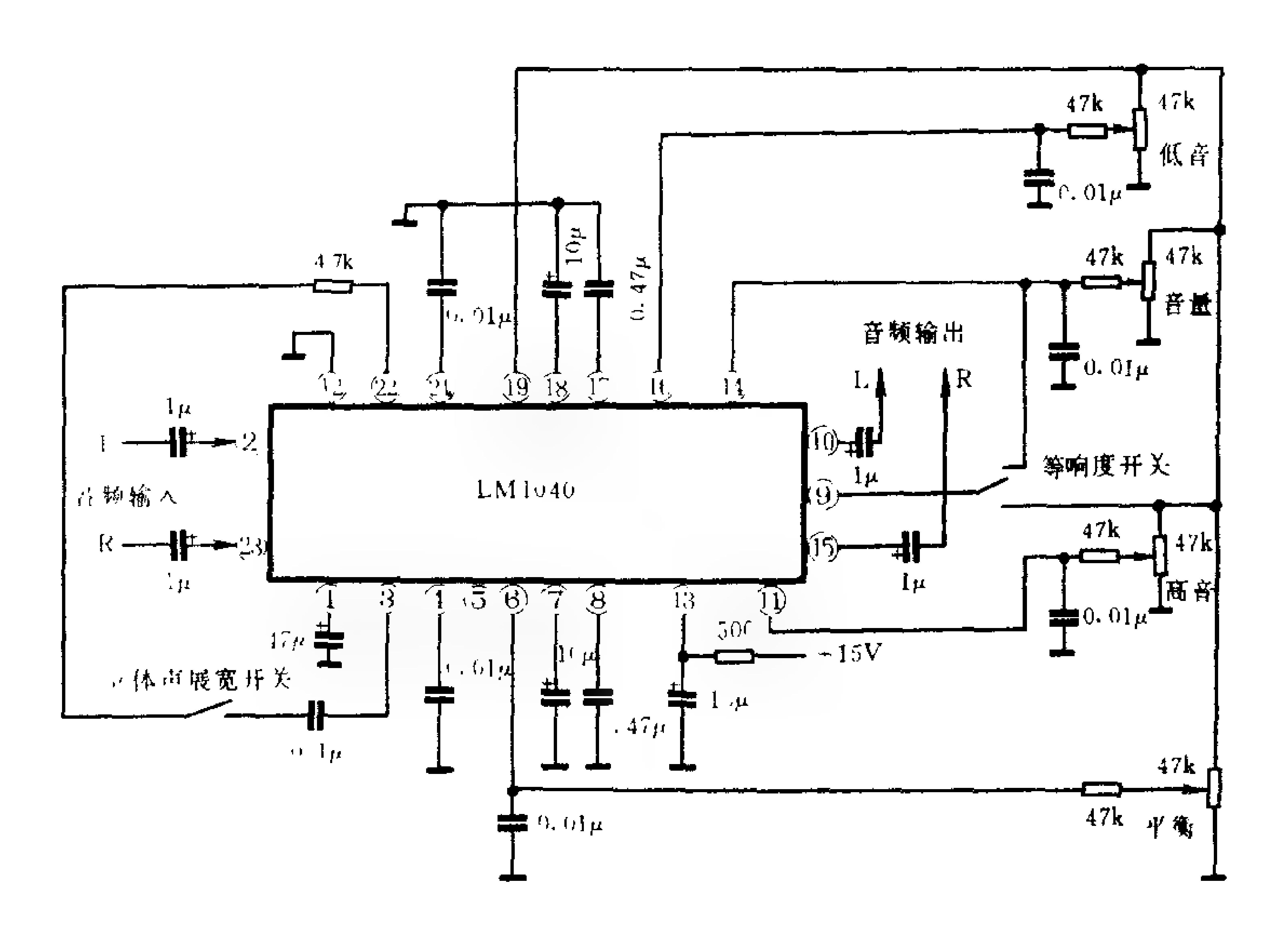


图 11－56　LM1040 应用电路

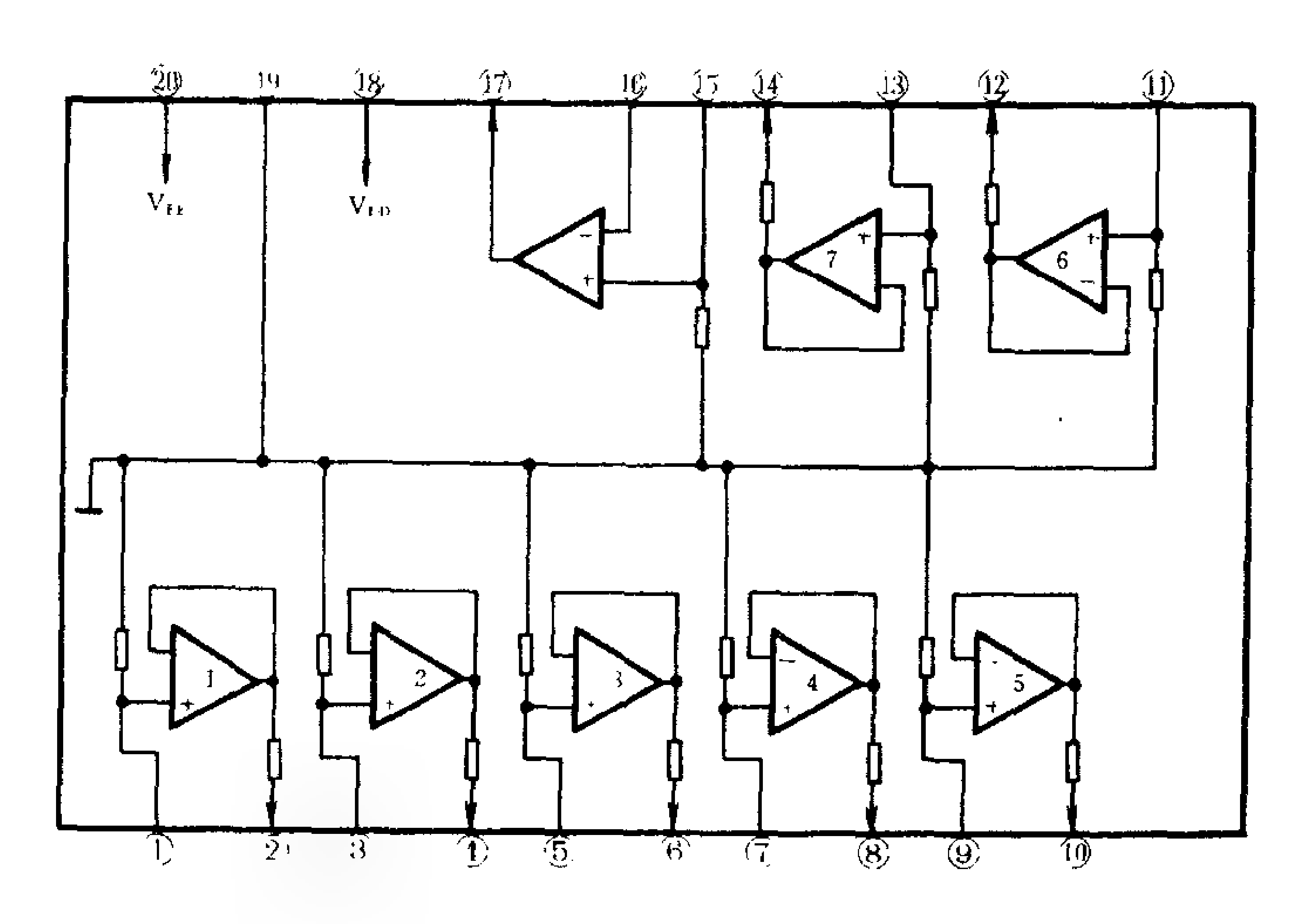


图 11－57　M5229P 内电路方框图

表 11－16　　　　　　**M5229P 各引脚功能**

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	A1IN	运算放大器 1 输入端	⑪	A6IN	运算放大器 6 输入端
②	A1OUT	运算放大器 1 输出端	⑫	A6OUT	运算放大器 6 输出端
③	A2IN	运算放大器 2 输入端	⑬	A7IN	运算放大器 7 输入端
④	A2OUT	运算放大器 2 输出端	⑭	A7OUT	运算放大器 7 输出端
⑤	A3IN	运算放大器 3 输入端	⑮	A8IN(＋)	高性能运算放大器正相输入端
⑥	A3OUT	运算放大器 3 输出端	⑯	A8IN(－)	高性能运算放大器反相输入端
⑦	A4IN	运算放大器 4 输入端	⑰	A8OUT	高性能运算放大器输出端
⑧	A4OUT	运算放大器 4 输出端	⑱	V_{DD}	正电源端(＋14V)
⑨	A5IN	运算放大器 5 输入端	⑲	V_{SS}	接地端
⑩	A5OUT	运算放大器 5 输出端	⑳	V_{EE}	负电源端(－14V)

14. LC7522 电子电位器集成电路

LC7522 是 28 脚双列式频段电平控制集成电路，内部由双 7 段电子电位器和逻辑控制电路等组成，如图 11－58 所示，其各引脚功能见表 11－17。

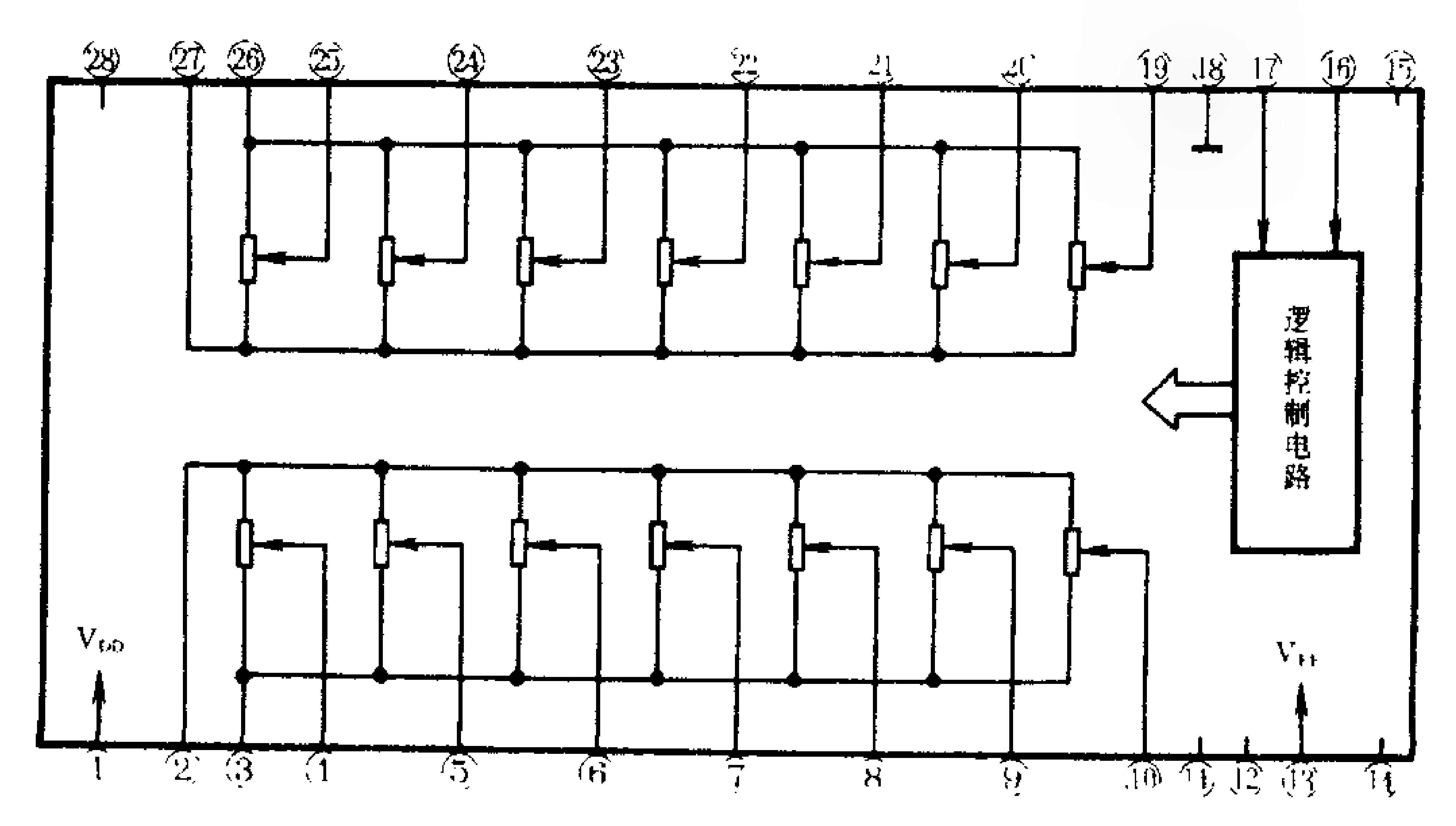


图 11－58　LC7522 内电路方框图

表 11-17　　LC7522 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	V_{DD}	正电源端	⑮	NC	空脚
②	L1	公共输入端 1	⑯	DI	控制信号输入端
③	L2	公共输入端 2	⑰	CLK	时钟输入端
④	A1	调整端 1	⑱	GND	接地端
⑤	A2	调整端 2	⑲	A8	调整端 8
⑥	A3	调整端 3	⑳	A9	调整端 9
⑦	A4	调整端 4	㉑	A10	调整端 10
⑧	A5	调整端 5	㉒	A11	调整端 11
⑨	A6	调整端 6	㉓	A12	调整端 12
⑩	A7	调整端 7	㉔	A13	调整端 13
⑪	NC	空脚	㉕	A14	调整端 14
⑫	NC	空脚	㉖	R1	公共输入端 3
⑬	V_{EE}	负电源端	㉗	R2	公共输入端 4
⑭	NC	空脚	㉘	NC	空脚

LC7522 通常与 M5229P 配合使用，其应用电路如图 11-59 所示。

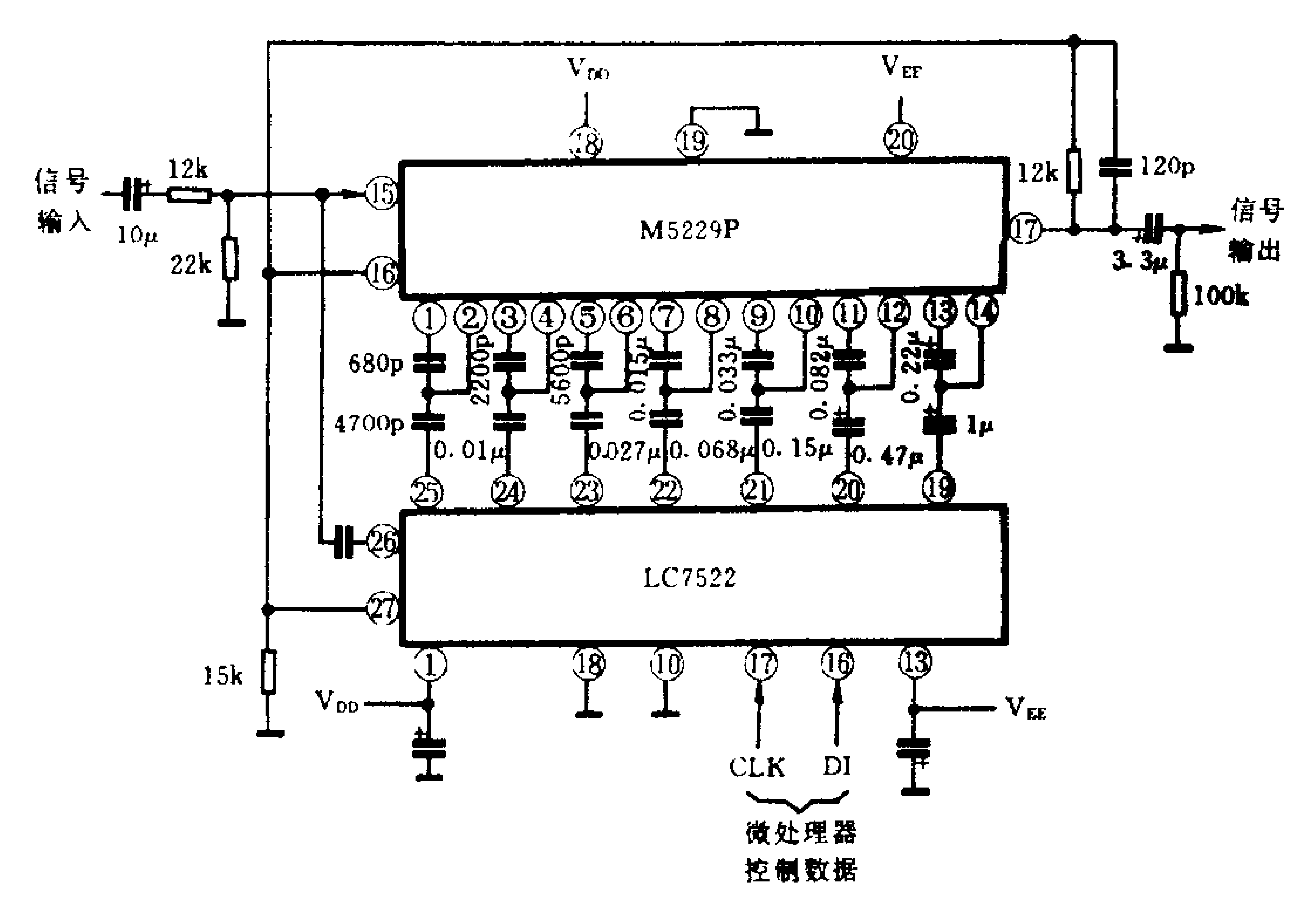


图 11-59　LC7522 和 M5229P 应用电路

二、数码卡拉 OK 电路

现代 AV 系统的卡拉 OK 电路中，多采用较先进的数码延时混响、变调处理集成电路。下面介绍几种常用的数码混响、变调集成电路及典型的应用电路。

1. BA5096 数码混响集成电路

BA5096 是数码回声混响集成电路，它内置 4MHz 晶振电路，使用较方便；设置了静音功能，便于遥控；可以通过外围电路，使其对话筒信号的采样频率达 8kHz 以上，克服了一些数码混响集成电路采样频率较低的弱点，提高了声音的清晰度和保真度；可与单片机接口，便于与杜比解码器一起实现智能化控制。

其主要性能指标如下：

信噪比：环绕声模式为 90dB，卡拉 OK 模式为 85dB。

失真度：环绕声模式为 0.3%，卡拉 OK 模式为 1.5%。

延迟时间：环绕声模式时，BA5096⑩脚接地，卡拉 OK 模式时，⑩脚接高电平。表 11－18 是 BA5096 的工作模式和延迟时间。

表 11－18　BA5096 的工作模式和延迟时间

延时控制			环绕声模式(Surround)		卡拉 OK 模式(Echo)	
DEL_1	DEL_2	DEL_3	fs(kHz)	Td(ms)	fs(kHz)	Td(ms)
L	L	L		4.1		20.5
H	H	L		10.2		41
H	L	L		14.3		61.4
L	H	L		20.5		81.9
H	L	L	500	24.6	250	98.3
L	L	H		30.7		122.9
L	H	H		34.8		139.3
H	H	H		41		163.8

注：L 为低电平，H 为高电平

BA5096 内部由低通滤波器、压控振荡器、主控逻辑、自动复位电路，A/D 变换器和 D/A 变换器等组成，如图 11－60 所示，

各引脚功能见表 11－19。图 11－61 是 BA5096 的应用电路。

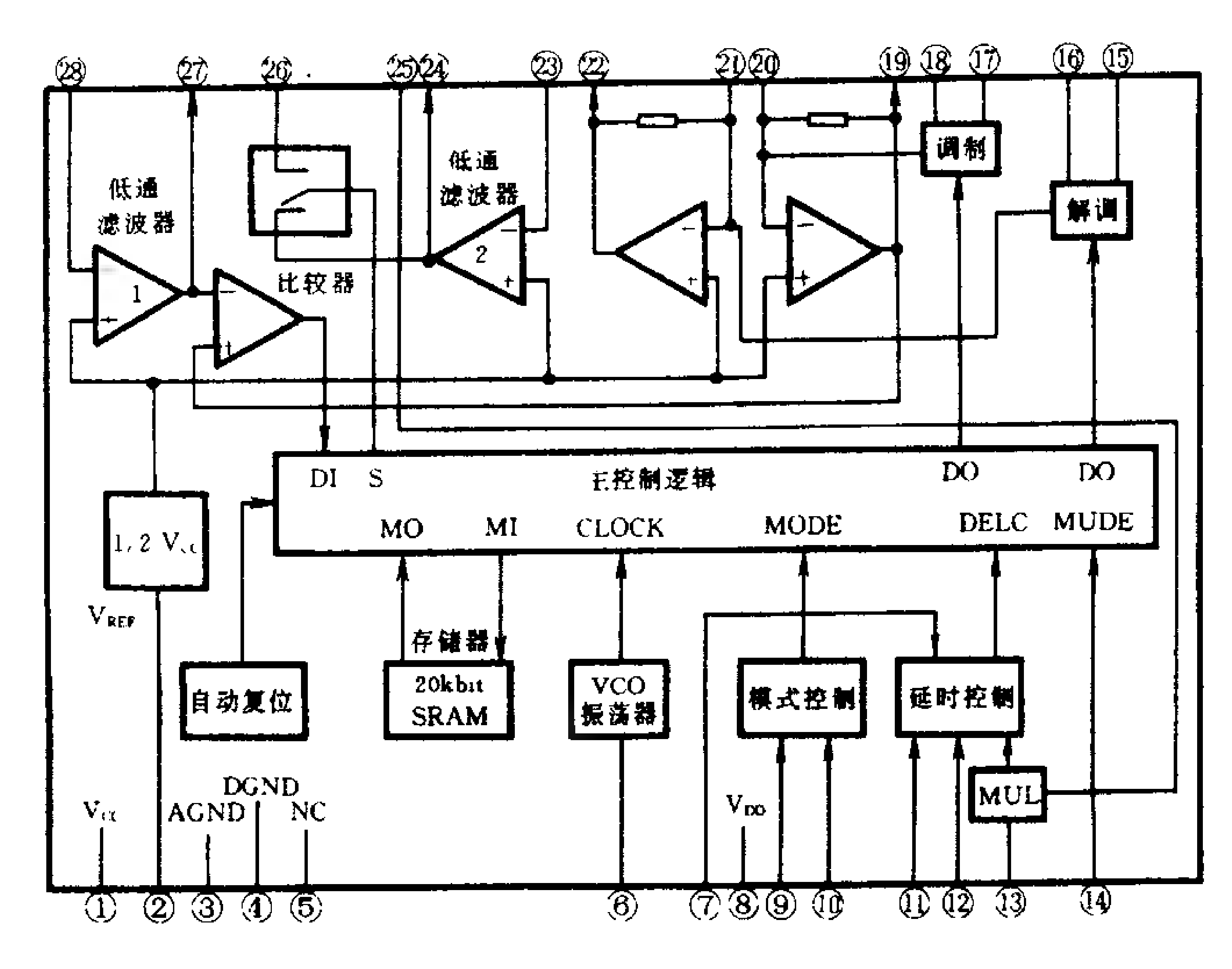


图 11－60　BA5096 内电路方框图

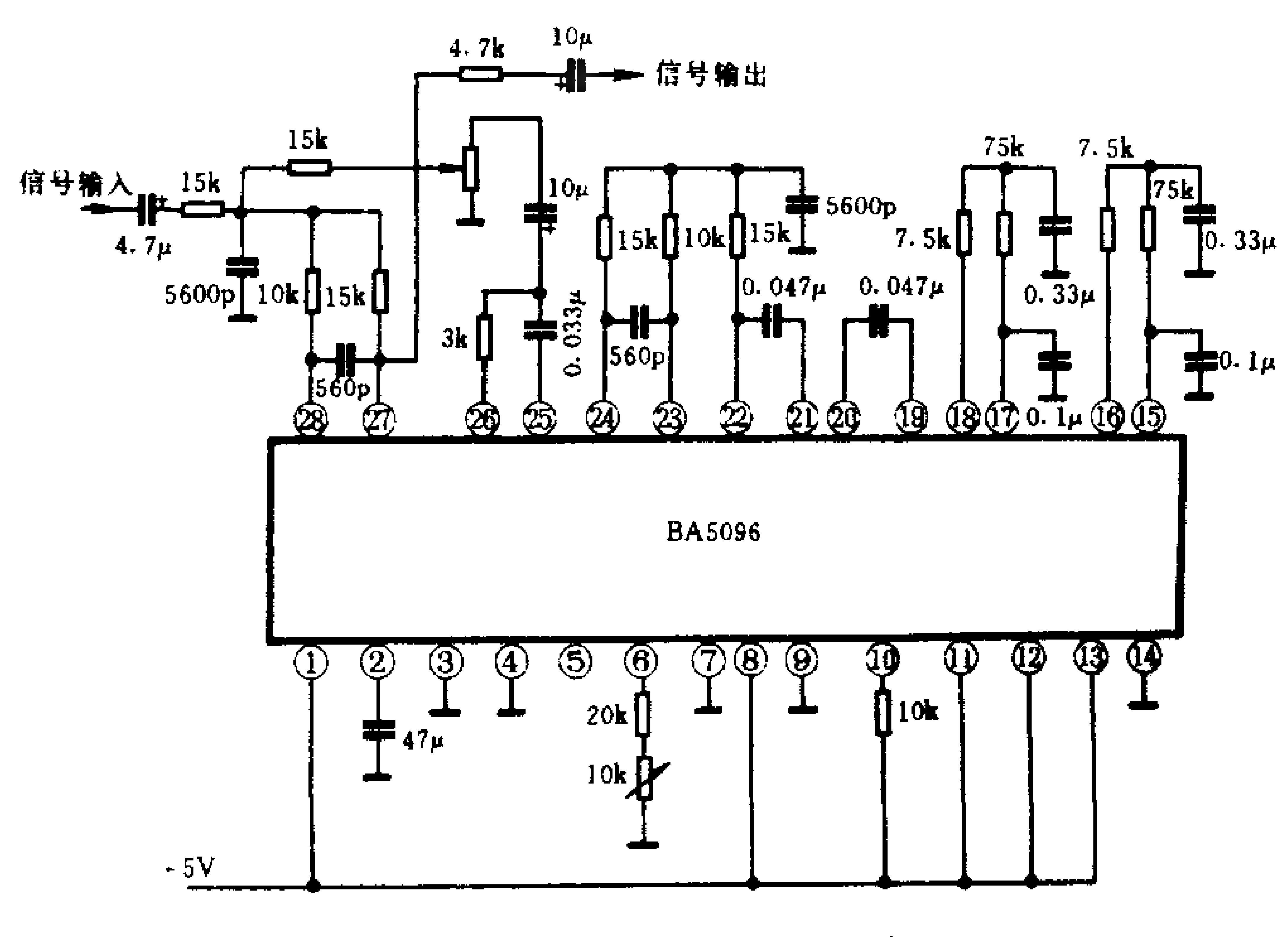


图 11－61　BA5096 应用电路

表 11-19　　　　**BA5096 各引脚功能**

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	V_{CC}	模拟电源端	⑮	GC1	增益控制端
②	REF	基准电压端	⑯	CC1	电流控制端
③	A GND	模拟接地端	⑰	GCO	增益控制端
④	D GND	数字接地端	⑱	CCO	电流控制端
⑤	NC	空脚	⑲	OP1 OUT	OP1 放大器输出端
⑥	FADJ	频率调整端	⑳	OP1 IN	OP1 放大器输入端
⑦	UP/EASY	数据控制端	㉑	OP2 IN	OP2 放大器输入端
⑧	V_{DD}	数字电源端	㉒	OP2 OUT	OP2 放大器输出端
⑨	TEST	测试端	㉓	LPF2 IN	低通滤波器 2 输入端
⑩	MODE	模式控制输入端	㉔	LPF2 OUT	低通滤波器 2 输出端
⑪	REQ/DEL1	延时控制端 1	㉕	NC	空脚
⑫	SECK/DEL2	延时控制端 2	㉖	ECHO FB	混响反馈端
⑬	SEDATA/DEL3	延时控制端 3	㉗	LPF1 OUT	低通滤波器 1 输出端
⑭	MUTE	静音控制输入端	㉘	LPF1 IN	低通滤波器 1 输入端

2. CXA1644P 数码延时混响集成电路

CXA1644P 是日本索尼公司的卡拉 OK 专用数字延迟混响集成电路,内部由 A/D 变换器、D/A 变换器、时钟发生器、低通滤波器、存储器等电路组成,如图 11-62 所示,其各引脚功能见表 11-20。

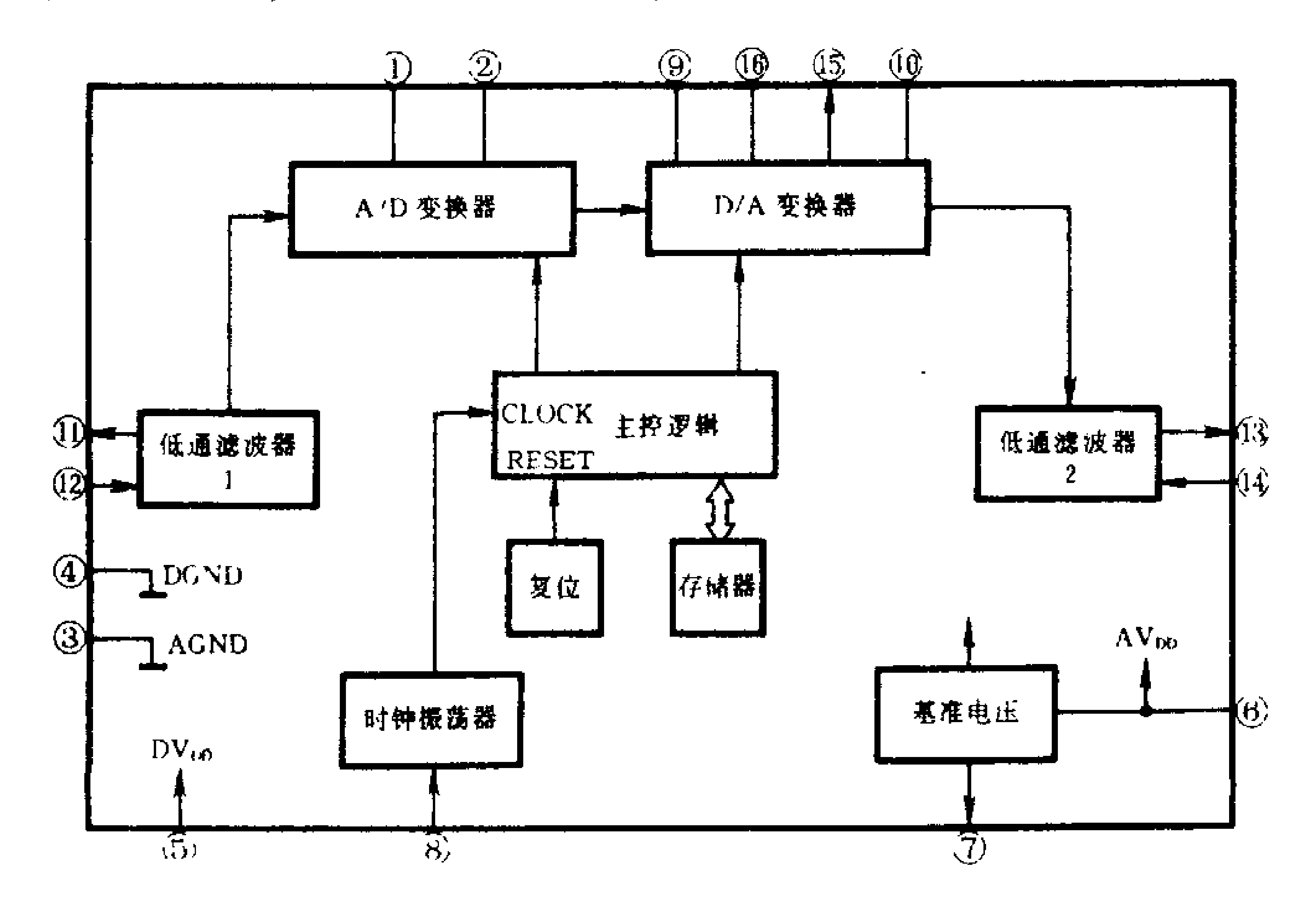


图 11-62　CXA1644P 内电路方框图

表 11-20　　　　CXA1644P 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	C1	外接 A/D 变换器的滤波电容	⑨	C3	外接 D/A 变换器的滤波电容
②	C2		⑩	C4	
③	A GND	模拟接地端	⑪	C5	外接 A/D 变换器的附加电容
④	D GND	数字接地端	⑫		信号输入端
⑤	D V_{DD}	数字电源端	⑬	A OUT	放大器输出端
⑥	A V_{DD}	模拟电源端	⑭	A IN	放大器输入端
⑦	VREF	基准电压端	⑮	DAOUT	D/A 变换器输出端
⑧	CLOCK	时钟频率调节端	⑯	C6	外接 D/A 变换器的附加电容

CXA1644P 采用 16 脚双列直插式封装，电源电压为 4V～6V

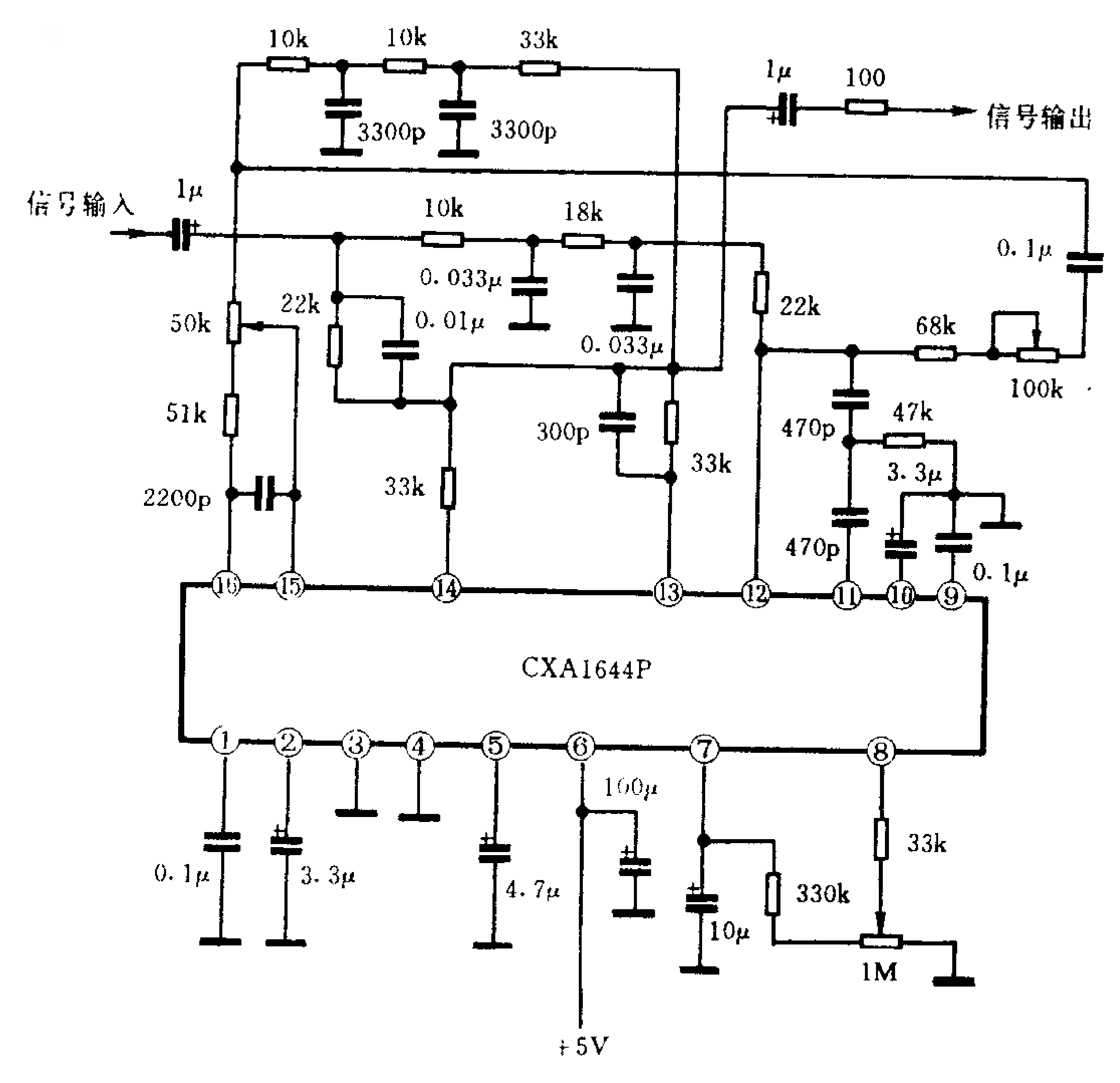


图 11-63　CXA1644P 应用电路之一

(典型值为 5V)，工作电流 4.8mA，延迟时间 60ms～130ms，失真 0.3%，信噪比 76dB。图 11－63 和图 11－64 是 CXA1644P 的应用电路。

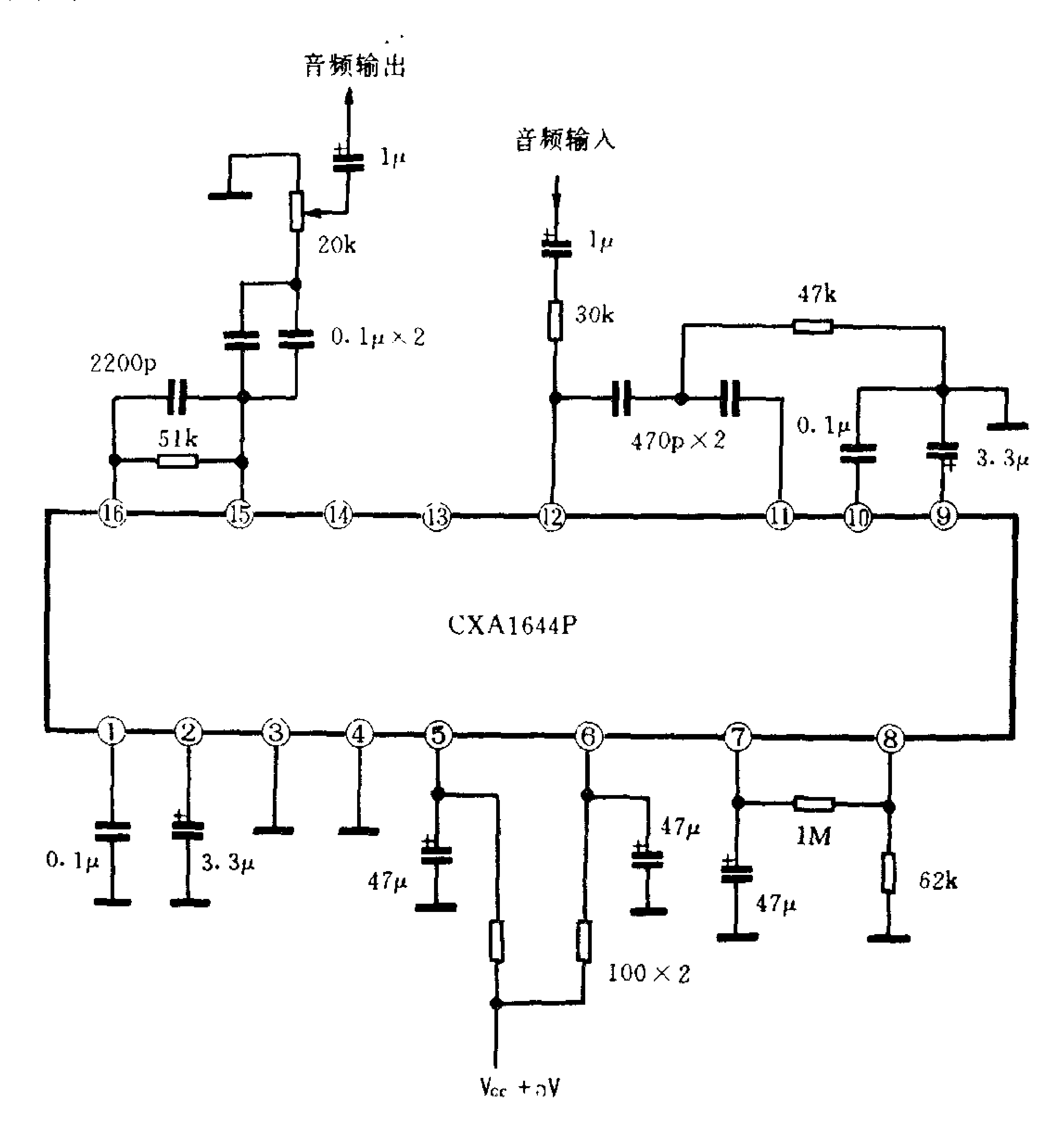


图 11－64　CXA1644P 应用电路之二

3. CU9561 数码延时混响集成电路

CU9561 是 16 脚数码卡拉 OK 延时混响集成电路，内含低通滤波器、A/D 变换器、D/A 变换器、VCO 压控振荡器等电路，如图 11－65 所示，其各引脚功能见表 11－21。

表 11－21　　CU9561 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	V_{CC}	电源端	⑨	INTO1	A/D 变换器输出端
②	V_{REF}	基准电压端	⑩	INTN1	A/D 变换器输入端
③	A GND	模拟接地端	⑪	INTN2	D/A 变换器输入端
④	D GND	数字接地端	⑫	INTO2	D/A 变换器输出端
⑤	TEST	测试端	⑬	LN2	低通滤波器 2 输入端
⑥	FADJ	延迟时间调整端	⑭	LO2	低通滤波器 2 输出端
⑦	CF2	电流控制端	⑮	LO1	低通滤波器 1 输出端
⑧	CF1	电流控制端	⑯	LN1	低通滤波器 1 输入端

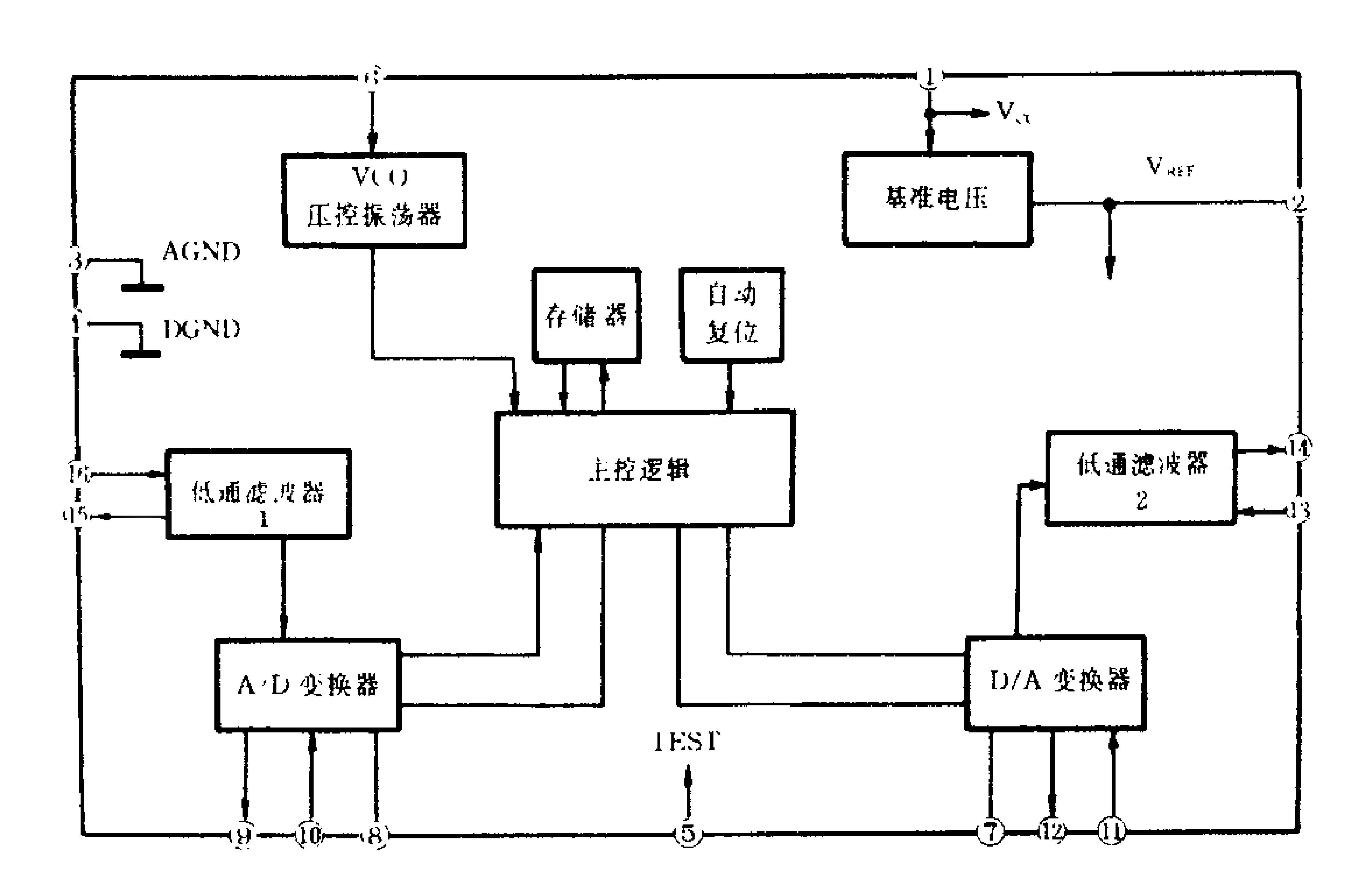


图 11－65　CU9561 内电路方框图

CU9561 采用＋5V 供电，其延迟时间可调（最长可达

330ms),输出噪声和失真度均较小。图 11 - 66 是 CU9561 的应用电路

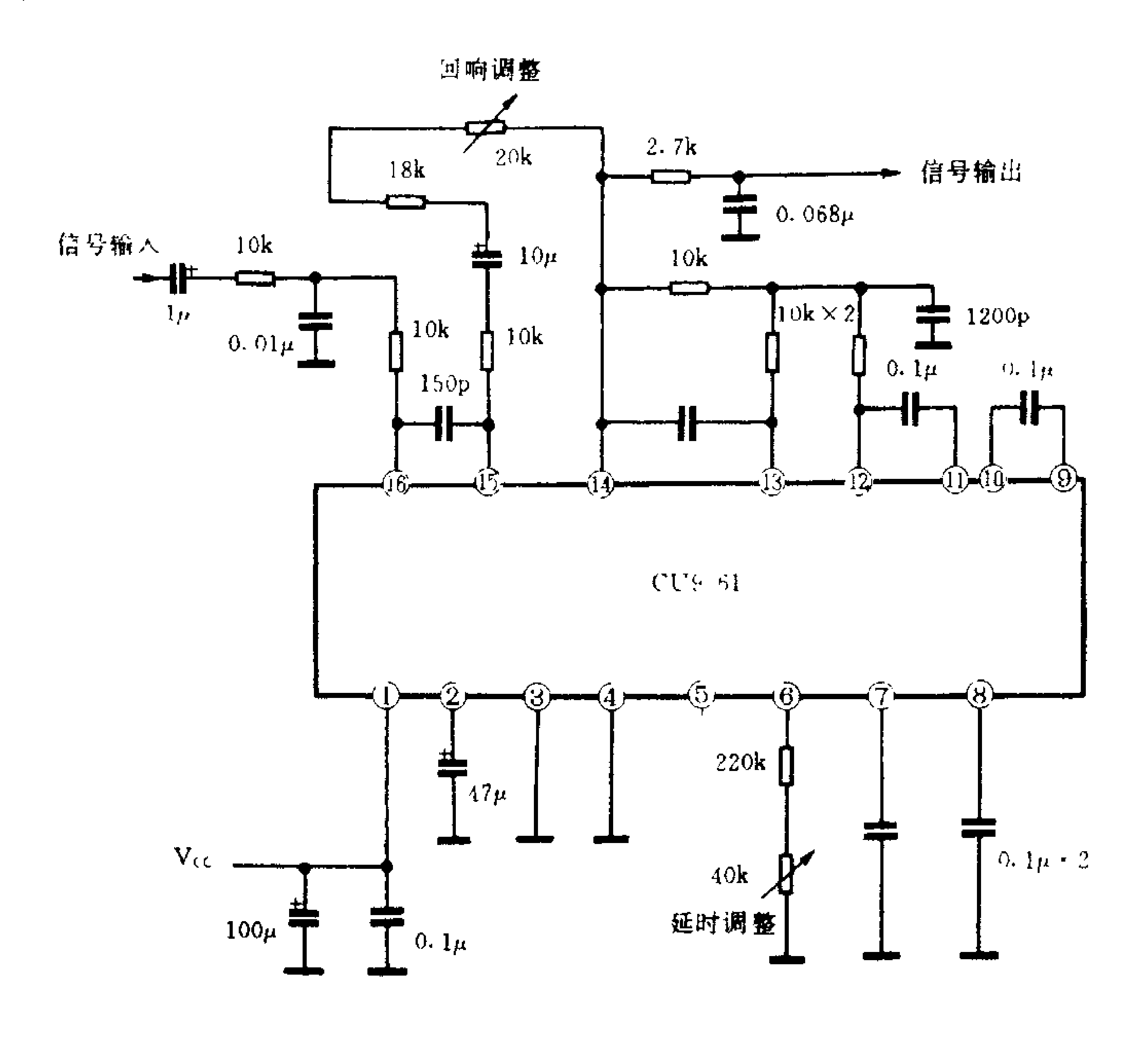


图 11 - 66 CU9561 应用电路

4. M50194 数码混响集成电路

M50194 是日本三菱公司研制的单片数码延时处理集成电路,具有环绕、混响和回声三种状态模式,可模拟出音乐厅、歌剧院等多种演出现场的混响效果。其内部由逻辑控制、存储器、时钟发生器、A/D 变换器、D/A 变换器、低通滤波器等电路组成,如图 11 - 67 所示。其应用电路见图 11 - 68,各引脚功能见表 11 - 22。

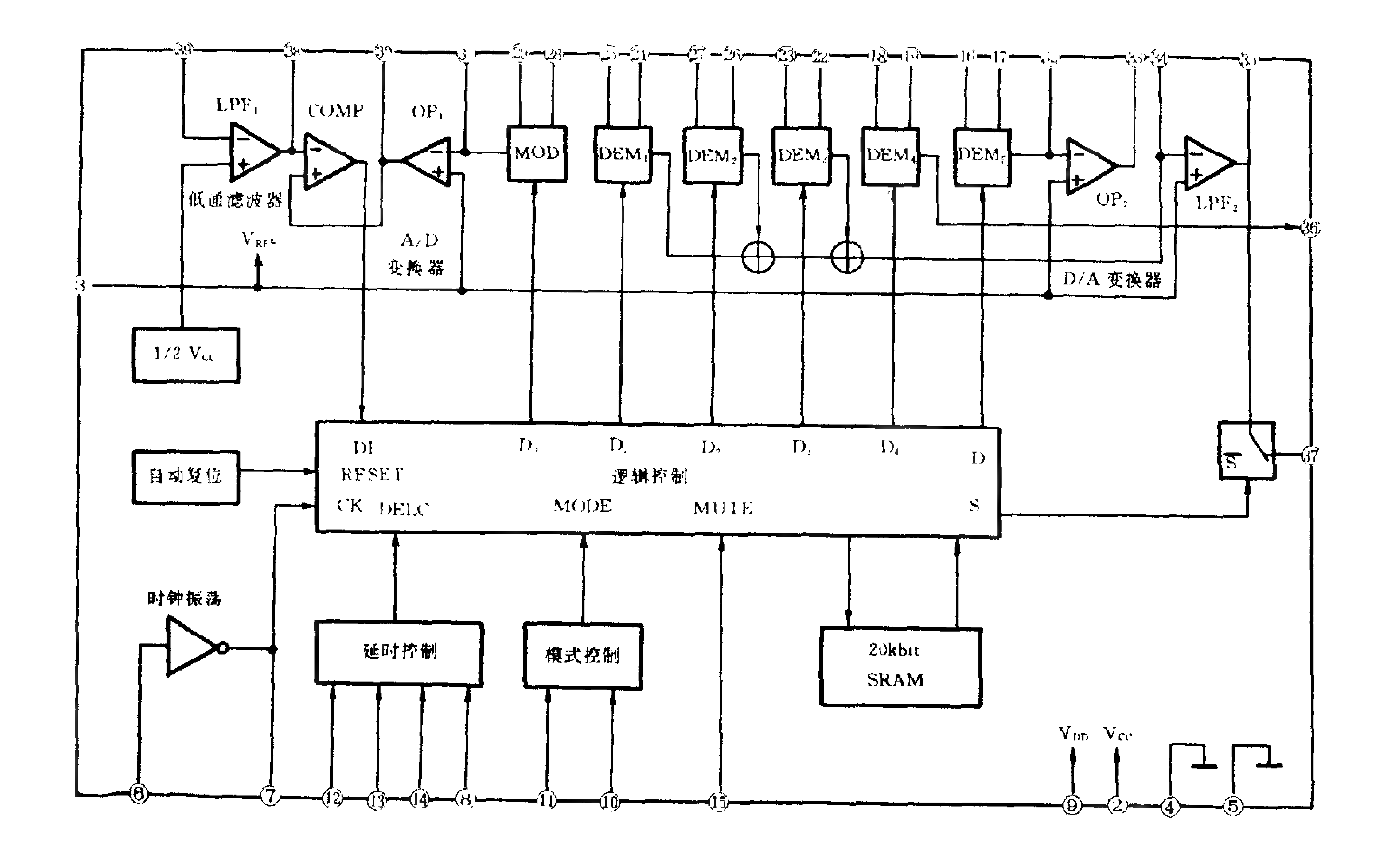


图 11－67　M50194 内电路方框图

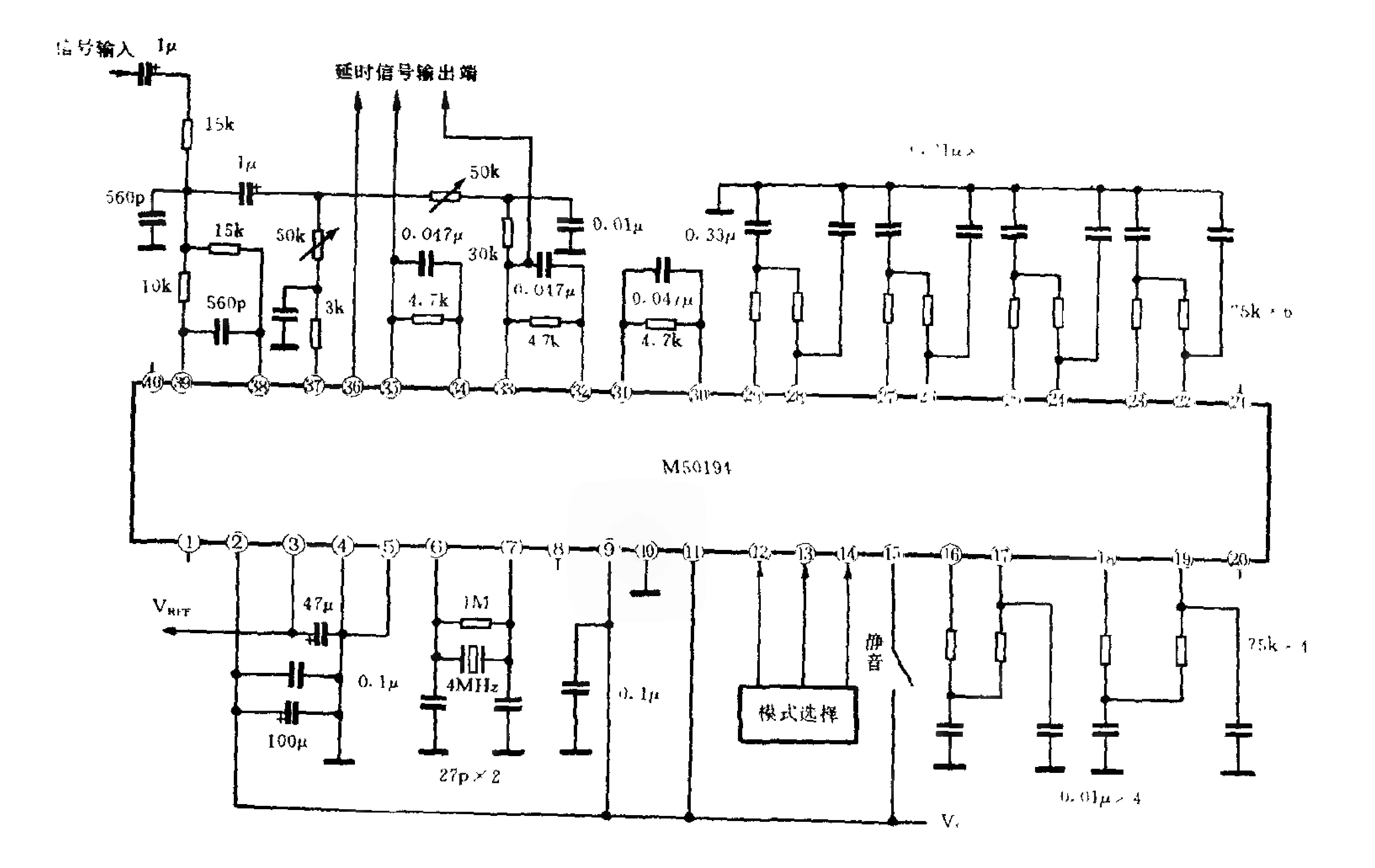


图 11-68 M50194 应用电路

表 11－22　　M50194 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	NC	空脚	㉑	NC	空脚
②	A V_{CC}	模拟电源端	㉒	GC3	电流控制端，外接阻容元件
③	REF	基准电压端	㉓	CC3	
④	A GND	模拟接地端	㉔	GC1	
⑤	D GND	数字接地端	㉕	CC1	
⑥	X IN	时钟振荡器输入端	㉖	GC2	
⑦	X OUT	时钟振荡器输出端	㉗	CC2	
⑧	M－COM/EASY	微机/手动控制转换端	㉘	GCO	
⑨	D V_{DD}	数字接地端	㉙	CCO	
⑩	MODE1	工作模式控制端	㉚	OP1 IN	内接 OP1 放大器，外接阻容元件
⑪	MODE2		㉛	OP2 OUT	
⑫	D1	延迟时间控制端	㉜	OP2 IN	内接 OP2 放大器，外接阻容元件
⑬	D2		㉝	OP2 OUT	
⑭	D3		㉞	LPF2 IN	低通滤波器 2 输入端
⑮	MUTE	静噪控制端	㉟	LPF2 OUT	低通滤波器 2 输出端
⑯	CC5	电流控制端，外接阻容元件	㊱	ECHO OUT	延时信号输出端
⑰	GC5		㊲	ECHO IN	延时信号输入端
⑱	CC4		㊳	LPF1 OUT	内接低通滤波器 1
⑲	GC4		㊴	LPF1 IN	低通滤波器 1 输入端
⑳	NC	空脚	㊵	NC	空脚

5．M50199P 数码混响集成电路

M50199P 是日本三菱公司的数码延时混响处理集成电路，内部由主控逻辑电路、读/写控制电路、列/行地址编码、地址输

出滤波器、ADM调制器、ADM解调器、预测器、时钟发生器、延迟时间转换和低通滤波器等组成，如图 11－69 所示，其各引脚功能见表 11－23

表 11－23　　　　M50199P 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	A6	地址数据输入/输出端	⑲	CDI	比较信号输入端
②	MDI	DRAM 控制端	⑳	MIDD	中时间延迟选择端
③	CAS		㉑	LONG	长时间延迟选择端
④	RESET	复位端	㉒	OSC OUT	振荡器输出端
⑤	DO	DRAM 控制端	㉓	OSC IN	振荡器输入端
⑥	W	读/写控制输出端	㉔	REF	基准电压端
⑦	RAS	DRAM 控制端	㉕	OP1 IN	OP1 放大器输入端
⑧	A0	地址数据输入/输出端	㉖	OP1 OUT	OP1 放大器输出端
⑨	A2		㉗	LPF1 OUT	低通滤波器 1 输出端
⑩	A1		㉘	LPF1 IN	低通滤波器 1 输入端
⑪	A7		㉙	A GND	模拟接地端
⑫	A5		㉚	OP2 IN	OP2 放大器输入端
⑬	A4		㉛	OP2 OUT	OP2 放大器输出端
⑭	A3		㉜	NC	空脚
⑮	D-GND	数字接地端	㉝	LPF2 IN	低通滤波器 2 输入端
⑯	CC1	内接预测器	㉞	LPF2 OUT1	低通滤波器 2 输出端 1
⑰	CC2		㉟	LPF2 OUT2	低通滤波器 2 输出端 2
⑱	SHORT	短时间延迟选择端	㊱	V_{CC}	电源端

M50199P 的工作电压为 7V，工作电流 15mA，延迟时间有 12.3ms、13.4ms 和 24.6ms 三挡可调，总谐波失真 0.4%，信噪比 75dB。图 11－70 是其应用电路。

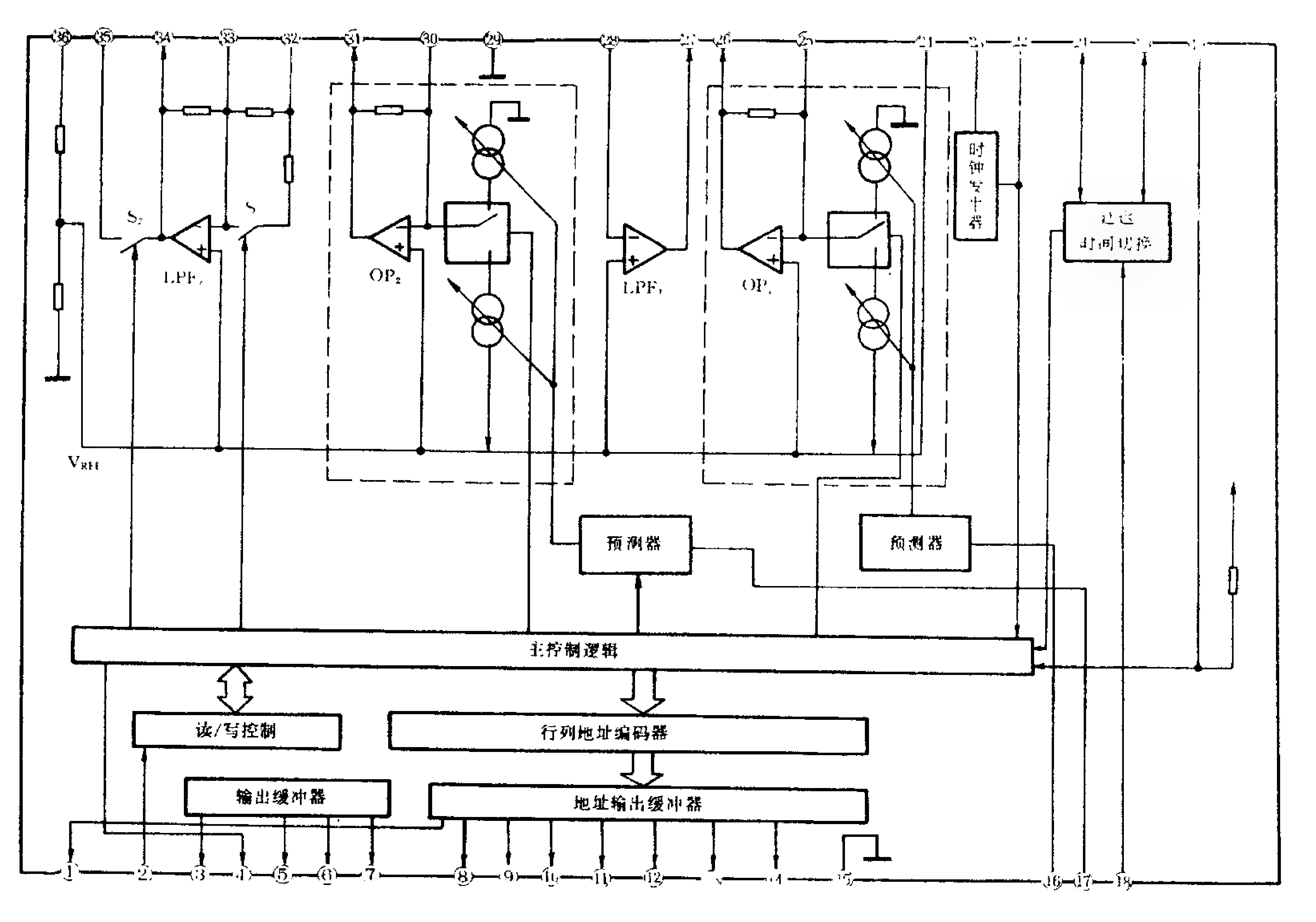


图 11-69 M50199P 内电路方框图

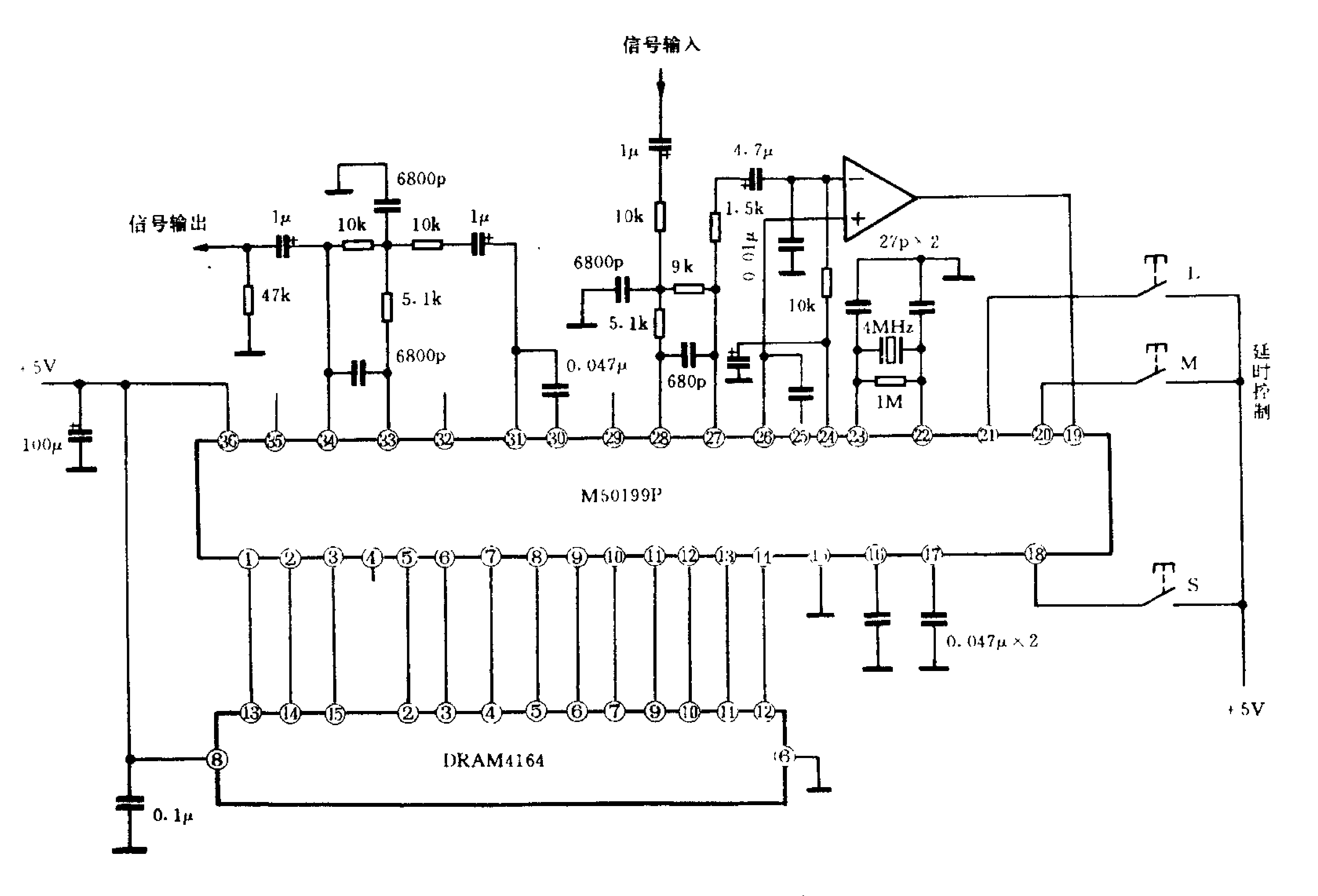


图 11－70 M50199P 应用电路

6. M50195P 数码混响集成电路

M50195P 的内电路与引脚功能和 M50199P 基本相同，只是延迟时间相对更长，有 98ms、148ms 和 197ms 三挡可调。图 11－71 是其应用电路。

7. M65831P 数码混响集成电路

M65831P 是日本三菱公司的数码混响集成电路，内部由 A/D 变换器、D/A 变换器、逻辑控制、48kbit 静态存储器、低通滤波器等组成，如图 11－72 所示，其各引脚功能见表 11－24。

表 11－24　　M65831P 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	V_{DD}	数字电源端	⑬	LPF2 OUT	低通滤波器 2 输出端
②	XIN	时钟振荡器输入端	⑭	LPF2 IN	低通滤波器 2 输入端
③	XOUT	时钟振荡器输出端	⑮	OP2 OUT	OP2 放大器输出端
④	D1/REO	延迟时间控制端	⑯	OP2 IN	OP2 放大器输入端
⑤	D2/SCK		⑰	CC2	内接预测器，外接电容
⑥	D3/DATA		⑱	CC1	
⑦	D4/IDSW		⑲	REF	基准电压端
⑧	TEST	测试端	⑳	OP1 IN	OP1 放大器输出端
⑨	EASY/M-CCOM	控制方式选择端	㉑	OP1 OUT	OP1 放大器输入端
⑩	SLEEP	静噪模式选择端	㉒	LPF1 OUT	低通滤波器 1 输出端
⑪	D GND	数字接地端	㉓	LPF1 IN	低通滤波器 1 输入端
⑫	A GND	模拟接地端	㉔	V_{CC}	模拟电源端

M65831P 的延迟时间范围较宽，在 12.3ms～196.6ms 之间，分 16 挡可调，每增加一挡延时量增加 12.3ms。延迟时间的设定可通过④脚～⑦脚的电平来设定，具体见表 11－25。其应用电路见图 11－73。

8. M65845 数码混响集成电路

M65845 是卡拉 OK 数码混响集成电路，内部由音频控制、

图 11－71　M50195P应用电路

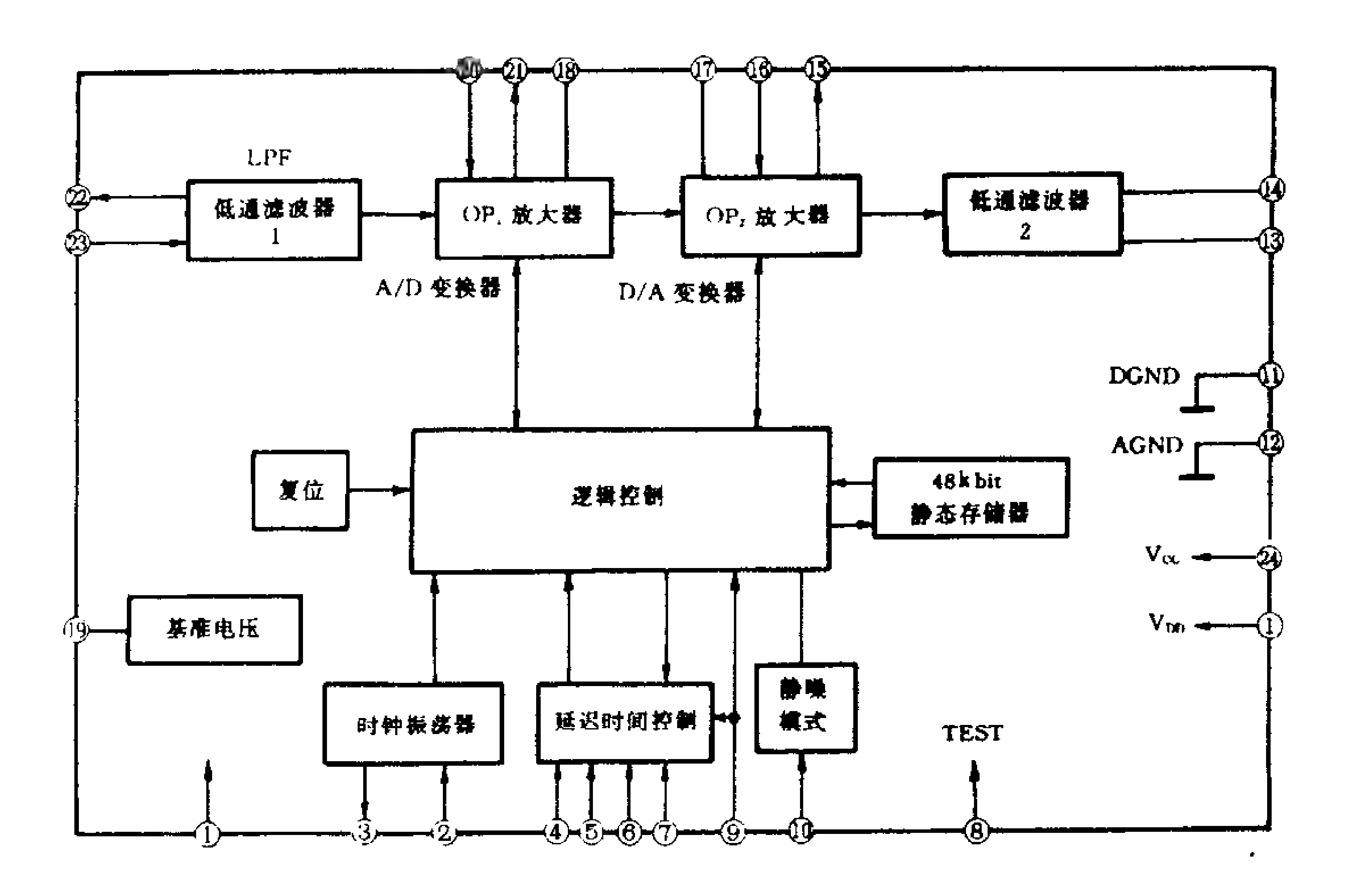


图 11－72　M65831P 内电路方框图

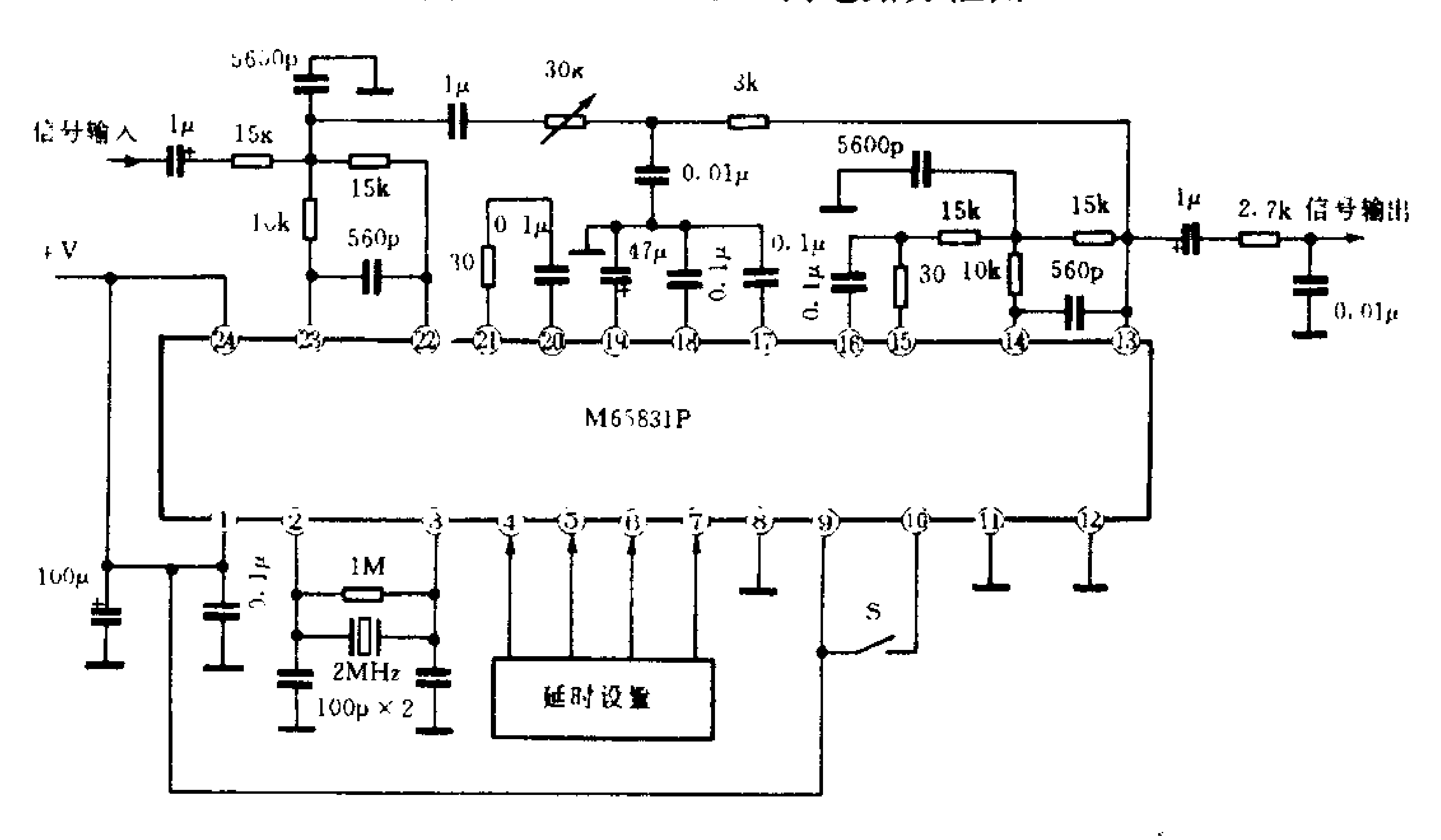


图 11－73　M65831P 应用电路

话筒输入放大器、时钟发生器、A/D 变换器、D/A 变换器、低通滤波器、RAM 存储器和逻辑控制等电路组成，如图 11－74 所示，其各引脚功能见表 11－26。

表 11－25　　M65831P 的延迟时间电平设定

④脚	⑤脚	⑥脚	⑦脚	延迟时间(ms)	采样频率(kHz)
L	L	L	L	12.3	500
H	L	L	L	24.6	500
L	H	L	L	36.9	500
H	H	L	L	49.2	500
L	L	H	L	61.4	500
H	L	H	L	73.7	500
L	H	H	L	86.0	500
H	H	H	L	98.3	500
L	L	L	L	110.6	250
H	L	L	L	122.9	250
L	H	L	L	135.2	250
H	H	L	L	147.5	250
L	L	H	L	159.7	250
H	L	H	L	172.0	250
L	H	H	L	184.3	250
H	H	H	L	196.6	250

注:L 为低电平,H 为高电平

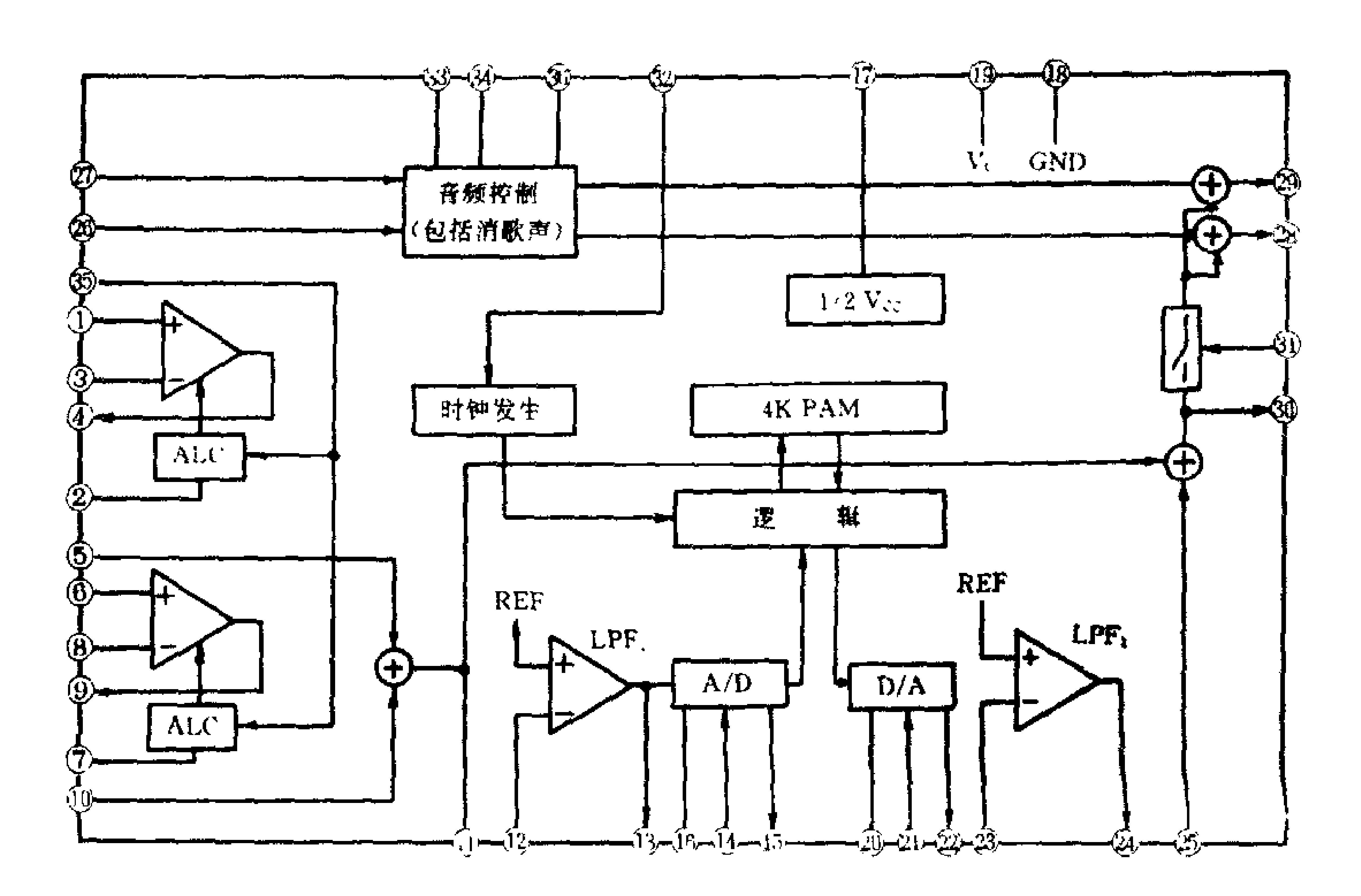


图 11－74　M65845 内电路方框图

表 11－26　M65845 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	MIC1 IN	话筒放大器 1 正相输入端	⑲	V_{CC}	电源端
②	ALC1	自动电平控制端 1	⑳	DA CONT	D/A 变换器控制端
③	MIC1 NFIN	话筒放大器 1 反相输入端	㉑	DAINTIN	D/A 变换器输入端
④	MIC1 OUT	话筒放大器 1 输出端	㉒	DAIN TOUT	D/A 变换器输出端
⑤	MIC1 VOLIN	话筒音量控制输入端 1	㉓	LPF2 IN	低通滤波器 2 输入端
⑥	MIC2 IN	话筒放大器 2 正相输入端	㉔	LPF2 OUT	低通滤波器 2 输出端
⑦	ALC2	自动电平控制端 2	㉕	ECHOVOLIN	混响音量控制端
⑧	MIC2 NFIN	话筒放大器 2 反相输入端	㉖	RIN	右声道音频信号输入端
⑨	MIC2 OUT	话筒放大器 2 输出端	㉗	LIN	左声道音频信号输出端
⑩	MIC VOLIN	话筒音量控制输入端 2	㉘	R OUT	右声道输出端
⑪	MIC OUT	话筒信号混合输出端	㉙	L OUT	左声道输出端
⑫	LPF1 IN	低通滤波器 1 输入端	㉚	MICECHO OUT	混响音量控制输出端
⑬	LPF1 OUT	低通滤波器 1 输出端	㉛	MIC SW	话筒开关控制端
⑭	ADINT IN	A/D 变换器输入端	㉜	CLOCK	时钟信号频率设定端
⑮	ADINT OUT	A/D 变换器输出端	㉝	AUD SW1	音频开关控制端
⑯	AD CONT	A/D 变换器控制端	㉞	AUD SW2	音频开关控制端
⑰	REF	基准电压端	㉟	VALC	ALC 工作电压设定端
⑱	GND	接地端	㊱	VCFIL	消歌声滤波器频率设定端

M65845采用36脚EIAJ扁平表面封装形式，工作电压为4.5V～5.5V(典型值为+5V)；最低输入电压为1V，最高输入电压为4V；时钟频率为100kHz～2500kHz。

主要特点：内部具有两路话筒混合线路、消歌声电路、数码混响、线路混合放大器，本身可完成卡拉OK基本功能；内置4kbit RAM的数码延时器，可实现低噪声和低失真的音响效果；话筒放大器带有自动电平控制ALC电路，可以允许高电平输入；消歌声电路采用立体声方式；内置自动重新设置电路，可自动复位。

具有立体声、单声道和消歌声模式，可通过㉝脚和㉞脚的电平来设定。表11－27为各种工作模式的设定电平。混响的延迟时间受㉜脚的时钟频率控制，改变该脚外接的阻容元件，即可改变时钟频率。

表11－27　　　　工作模式的设定状态

工作模式	㉝脚	㉞脚
立体声	L	L
左声道的单声道	L	H
右声道的单声道	H	L
消歌声	H	H

注：L为低电平，H为高电平

图11－75为M65845的应用电路。

9．M65847数码变调处理集成电路

N65847是日本三菱公司的数码卡拉OK变调处理芯片，内部由低通滤波器、高通滤波器、A/D变换器、D/A变换器、音调逻辑控制、RAM存储器和混合放大器等组成，如图11－76所示，其各引脚功能见表11－28。

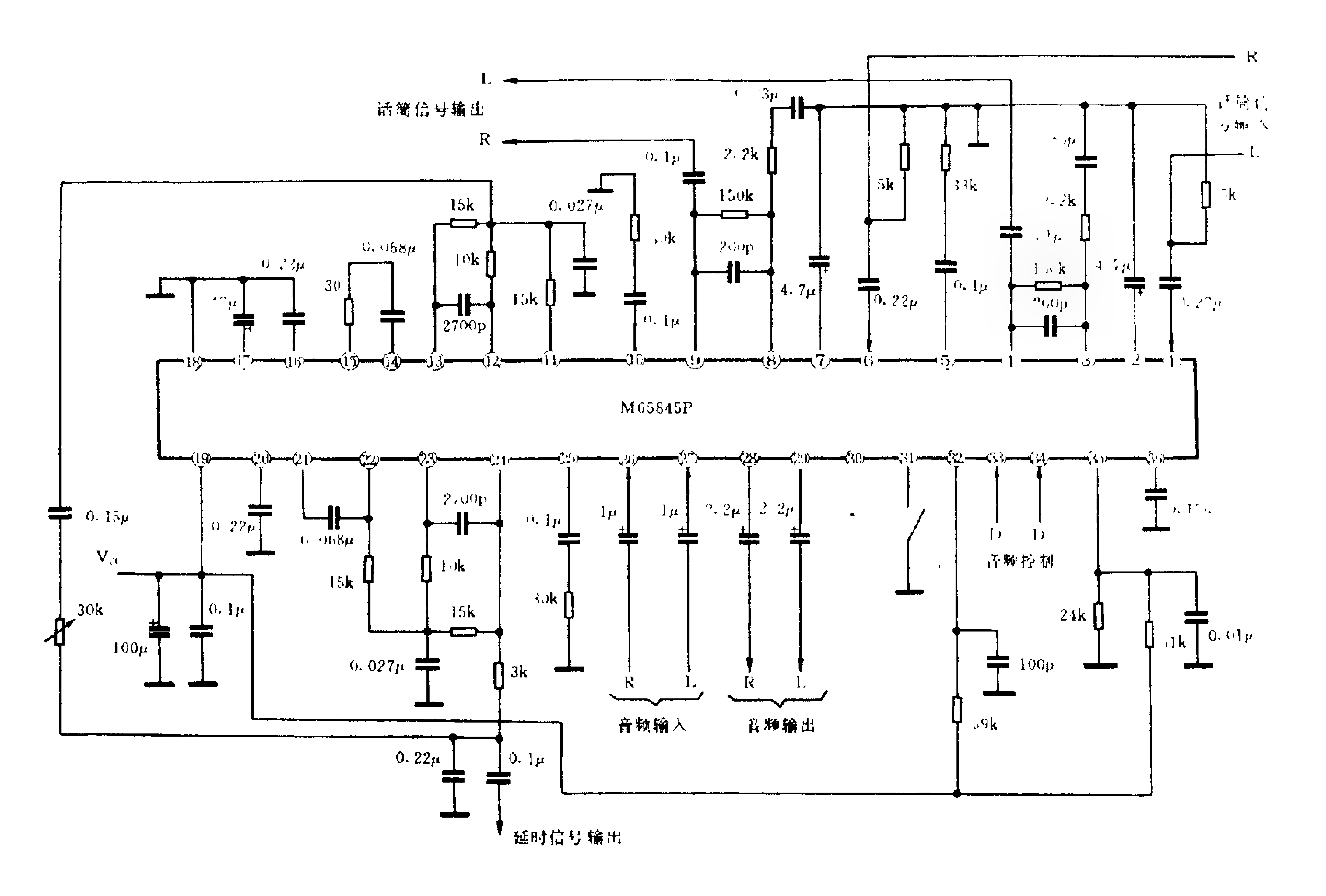


图 11-75 M65845 应用电路

表 11－28　　M65847 各引脚功能

引脚	符号	功能	引脚	符号	功能
①	AD CONT	A/D 变换器控制端	⑮	MIX OUT	混合放大器输出端
②	DACONT1	D/A 变换器控制端 1	⑯	MIX IN	混合放大器输入端
③	DACONT2	D/A 变换器控制端 2	⑰	LPF2 OUT	低通滤波器 2 输出端
④	KEYDOWN	音调下降控制端	⑱	LPF2 IN	低通滤波器 2 输入端
⑤	KEY UP	音调上升控制端	⑲	HPF OUT	高通滤波器输出端
⑥	KEY0	键控输入/显示输出端	⑳	HPF IN	高通滤波器输入端
⑦	KEY1		㉑	LPF1 OUT	低通滤波器 1 输出端
⑧	KEY2		㉒	LPF1 IN	低通滤波器 1 输入端
⑨	KEY3		㉓	ADIN TIN	A/D 变换器输入端
⑩	KEY4		㉔	ADIN OUT	A/D 变换器输出端
⑪	KEY5		㉕	DAINTIN	D/A 变换器输入端
⑫	REF	基准电压端	㉖	DAINT OUT	D/A 变换器输出端
⑬	GND	接地端	㉗	MODE1	模式控制端
⑭	V_{CC}	电源端	㉘	MODE2	

主要特点：具有自工作、简单和 MCU 三种工作模式。自工作模式通过按键来控制，简单模式通过并行数据控制，MCU 模式通过 CPU 的串行数据控制。工作模式可通过㉗脚和㉘脚的电平来设定。

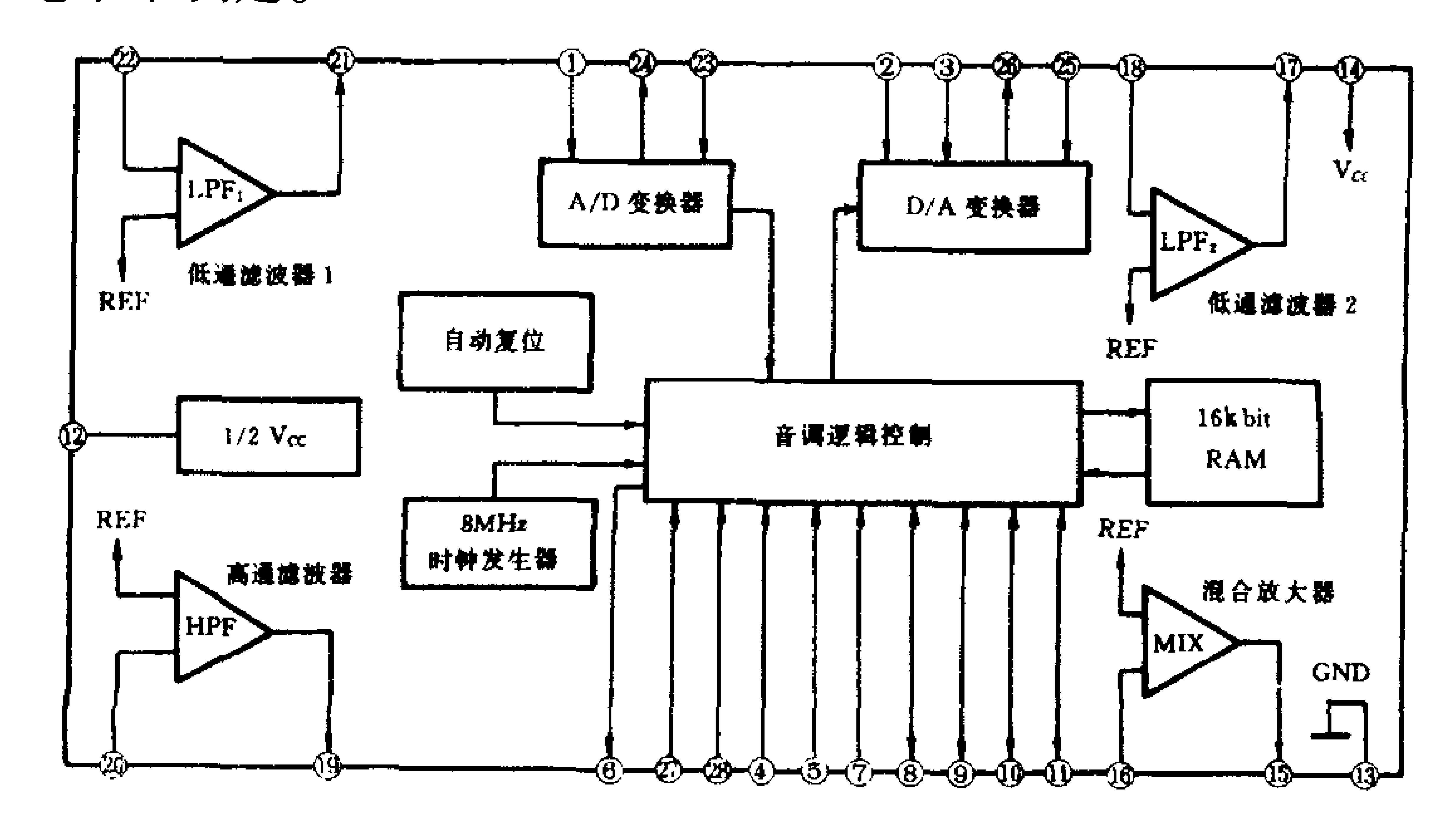


图 11－76　M65847 内电路方框图

M65847 采用 5V 单电源供电，其应用电路如图 11－77 和

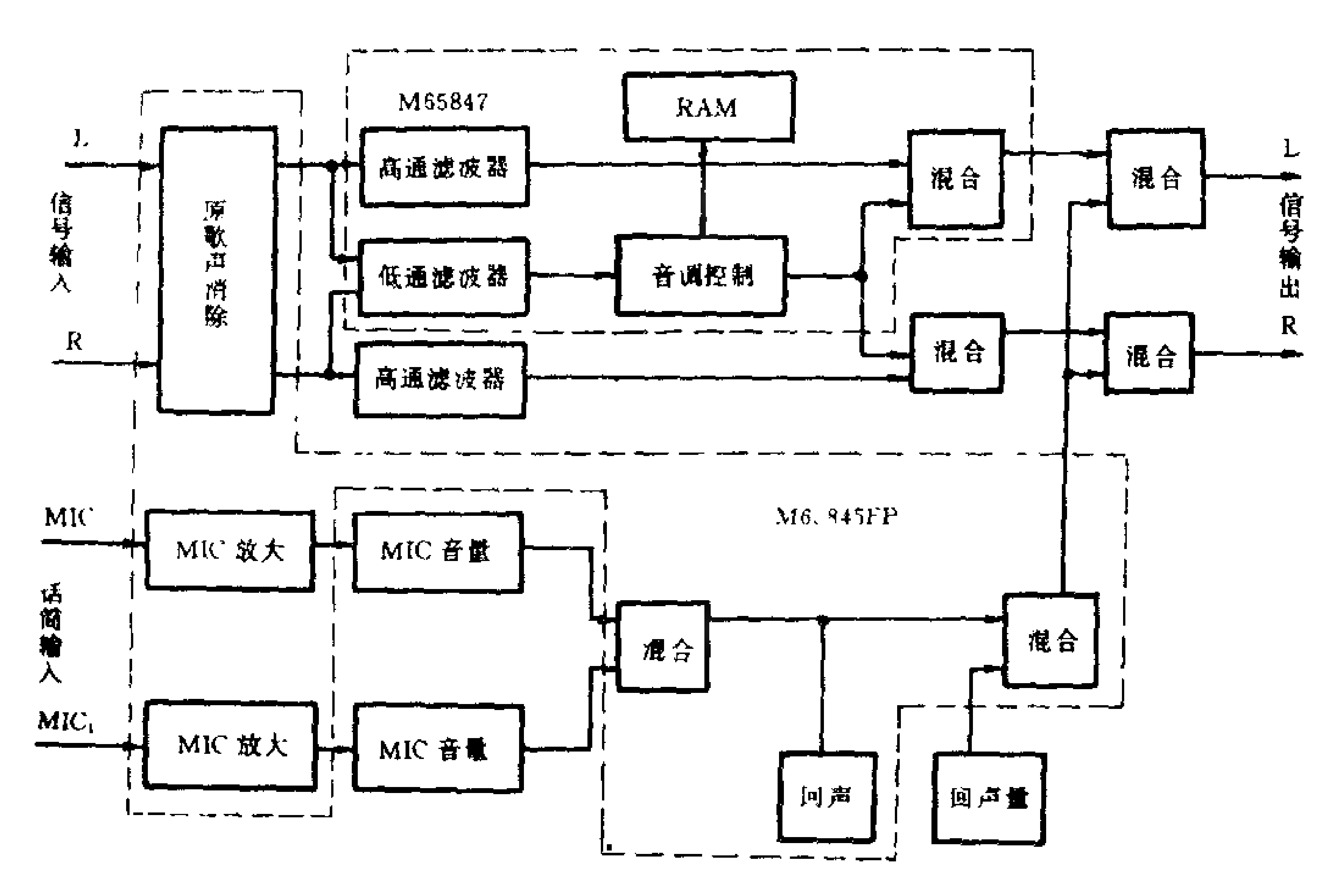


图 11－77　M65847 与 M65845 配合应用方框图

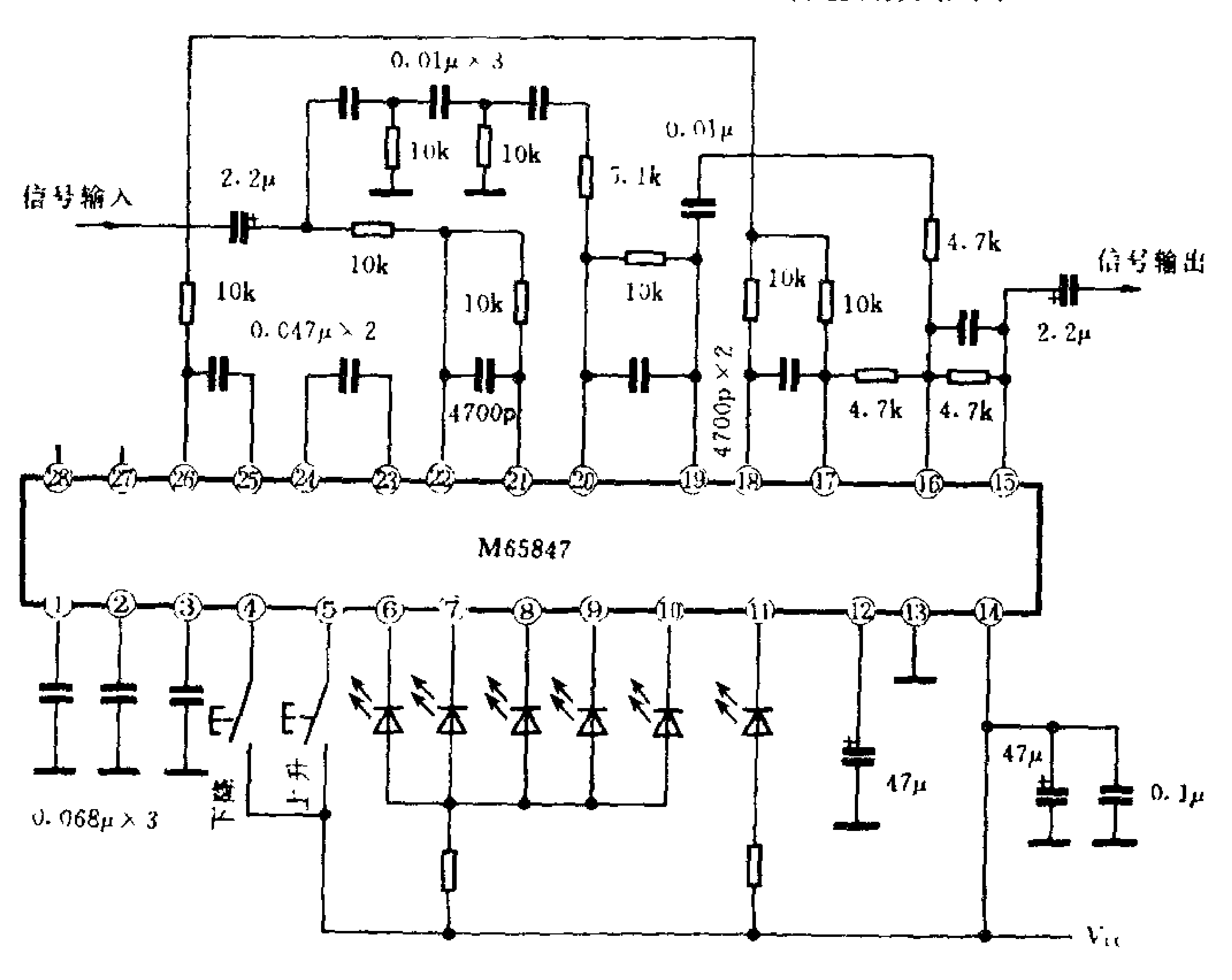


图 11－78　M65847 应用电路

图 11－78 所示。

10．M65850P 数码混响处理集成电路

M65850P 是日本三菱公司研制的数码卡拉 OK 延时混响集成电路，内部由低通滤波器、时钟振荡器、A/D 变换器、D/A 变换器、主控制电路、自动复位电路、20kbit 静态存储器等组成，如图 11－79 所示，其各引脚功能见表 11－29。

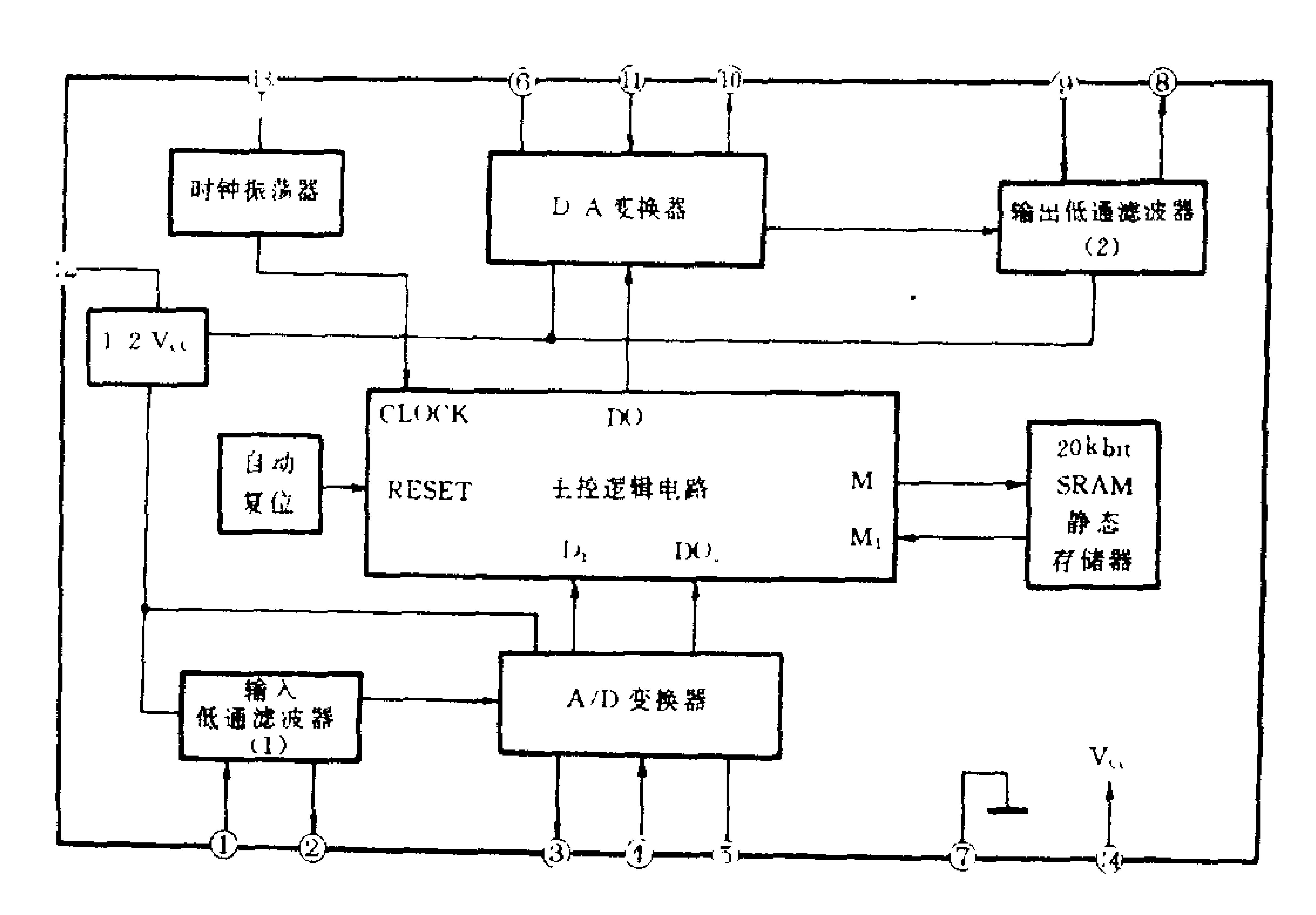


图 11－79 M65850P 内电路方框图

表 11－29 **M65850P 各引脚功能**

引脚	符号	功能	引脚	符号	功能
①	LPF1 IN	低通滤波器 1 输入端	⑧	LPF2 OUT	低通滤波器 2 输出端
②	LPF1 OUT	低通滤波器 1 输出端	⑨	LPF2 IN	低通滤波器 2 输入端
③	OP1 OUT	A/D 变换器输出端	⑩	OP2 OUT	D/A 变换器输出端
④	OP1 IN	A/D 变换器输入端	⑪	OP2 IN	D/A 变换器输入端
⑤	CC1	内接预测器，外接电容	⑫	REF	基准电压端
⑥	CC2		⑬	CLOCK	时钟频率设定端
⑦	GND	接地端	⑭	V_{CC}	电源端

M65850P是采用ADM方式对音频信号进行A/D、D/A转换处理，并使用内置20kbit SRAM静态存储器进行信号存储，具有失真小、混响效果好等特点。其内部时钟振荡器的频率可通过⑬脚与⑭脚之间所接电阻的阻值来设定，调整该电阻的大小，即可改变带通频率，从而改变延迟混响时间。由于环绕声处理时，该电阻设置为11kΩ，带通频率为7kHz，延迟时间约20ms；用于卡拉OK处理时，电阻设置为120kΩ，带通频率为5kHz，延迟时间为164ms。图11－80是M65850P的典型应用电路。

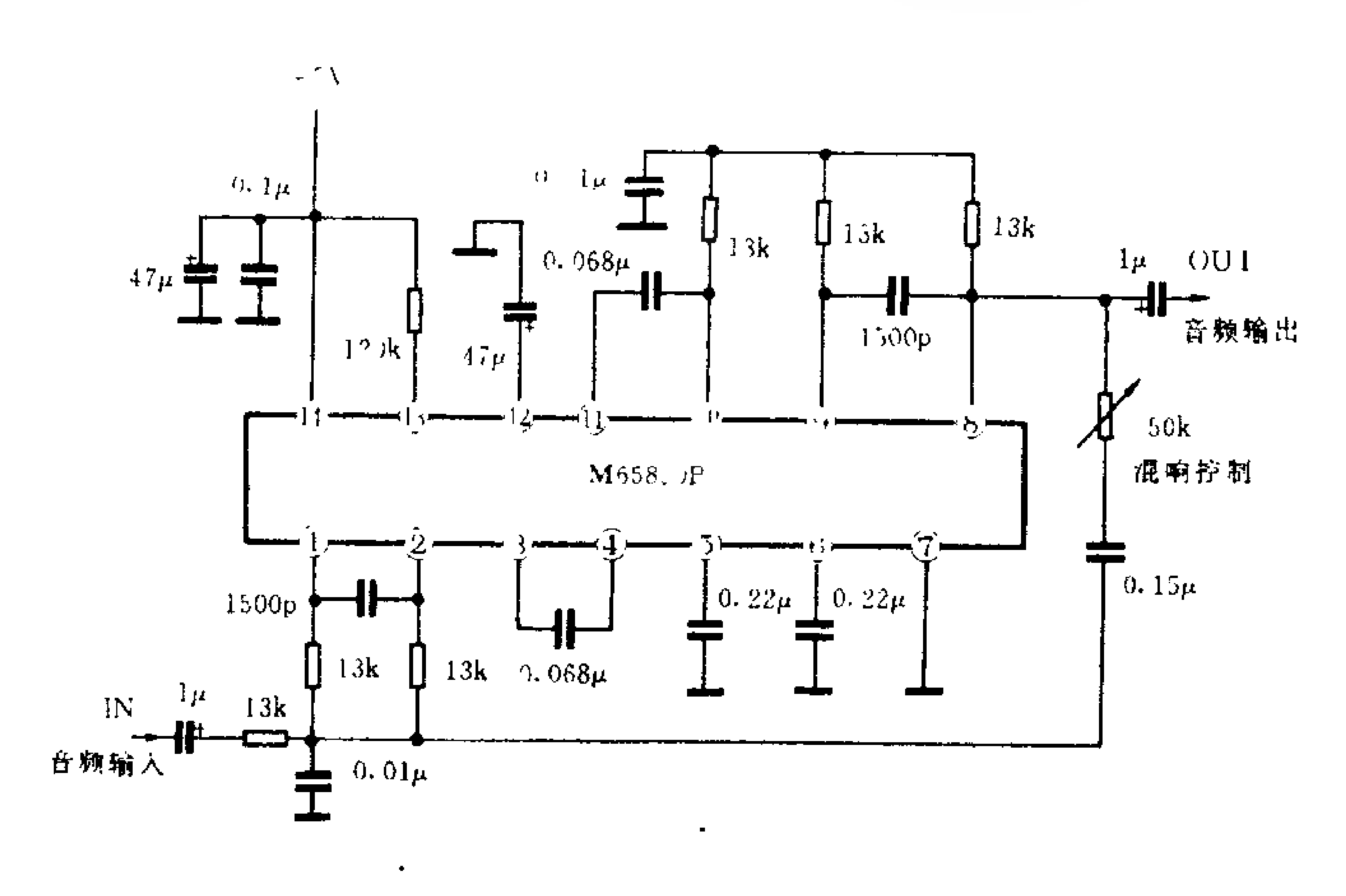


图11－80 M65850P典型应用电路

11．ES56033数码混响集成电路

ES56033是数码卡拉OK延时混响集成电路，内部由A/D变换器、D/A变换器、低通滤波器、32kbit SRAM、VCO压控振荡器和主控逻辑电路等组成，如图11－81所示，其各引脚功能见表11－30。

ES56033内置调节系统时钟用的VCO压控振荡器，可通过外接的阻容元件来调整到合适的频率，从而改变延迟时间，调整混响效果。图11－82为ES56033的应用电路。

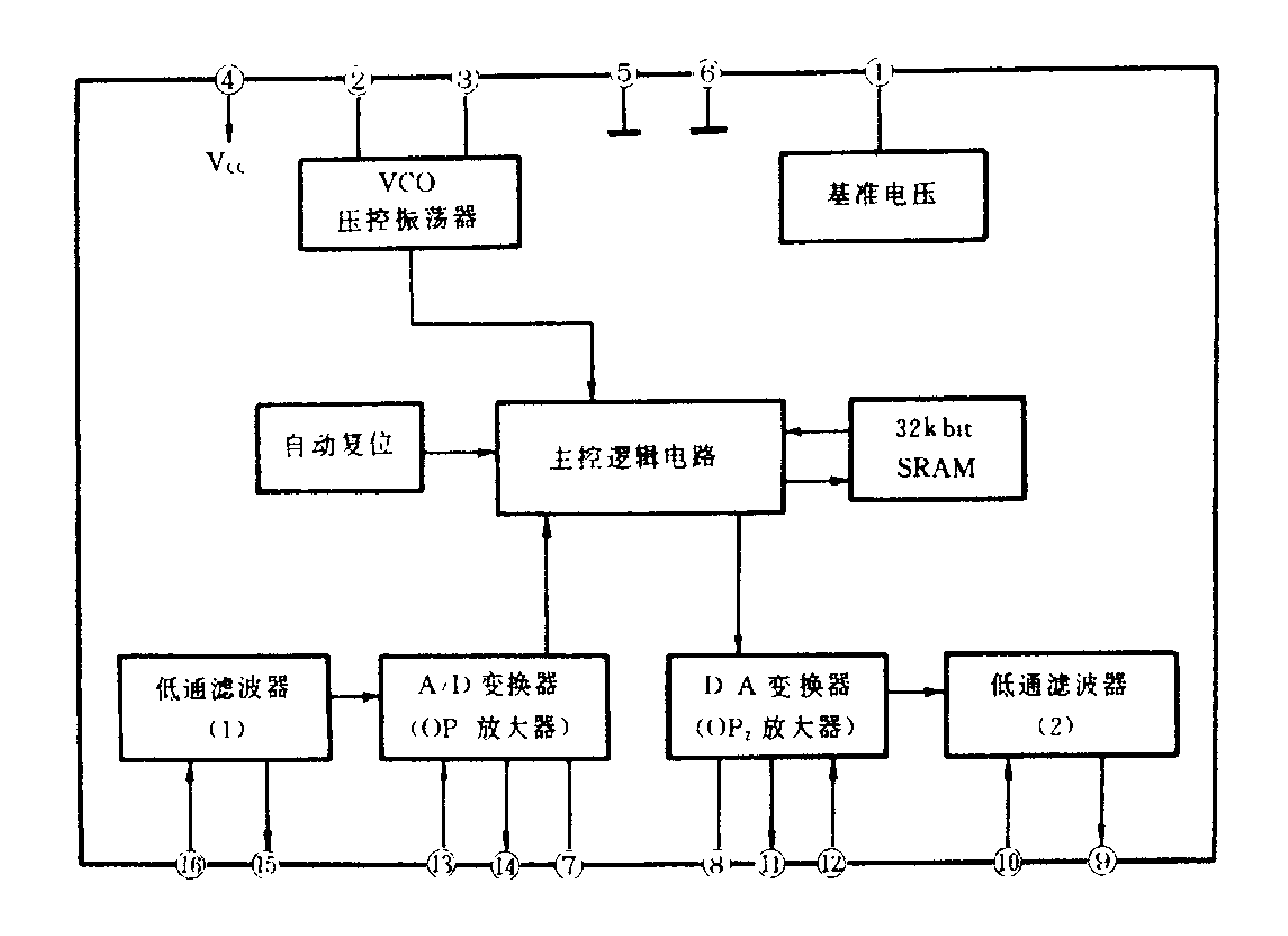


图 11－81　ES56033 内电路方框图

表 11－30　　　　ES56033 各引脚功能

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	REF	基准电压端	⑨	LPF2 OUT	低通滤波器 2 输出端
②	FADJ1	时钟频率调整端	⑩	LPF2 IN	低通滤波器 2 输入端
③	FADJ2		⑪	OP2 OUT	OP2 放大器输出端
④	V_{CC}	电源端	⑫	OP2 IN	OP2 放大器输入端
⑤	D GND	数字接地端	⑬	OP1 IN	OP1 放大器输入端
⑥	A GND	模拟接地端	⑭	OP1 OUT	OP1 放大器输出端
⑦	CCO	电流控制端，外接电容	⑮	LPF1 OUT	低通滤波器 1 输出端
⑧	CC1	电流控制端，外接电容	⑯	LPF1 IN	低通滤波器 1 输入端

12. GY9308 数码延时混响处理集成电路

GY9308 是采用 24 脚双列直插式塑封的数码混响集成电路，内部由主控制逻辑、ADM 调制器、ADM 解调器、8kbit SRAM、低通滤波器、预测器、延迟时间控制、静音控制等电路组成，如图 11－83 所示，其各引脚功能见表 11－31。

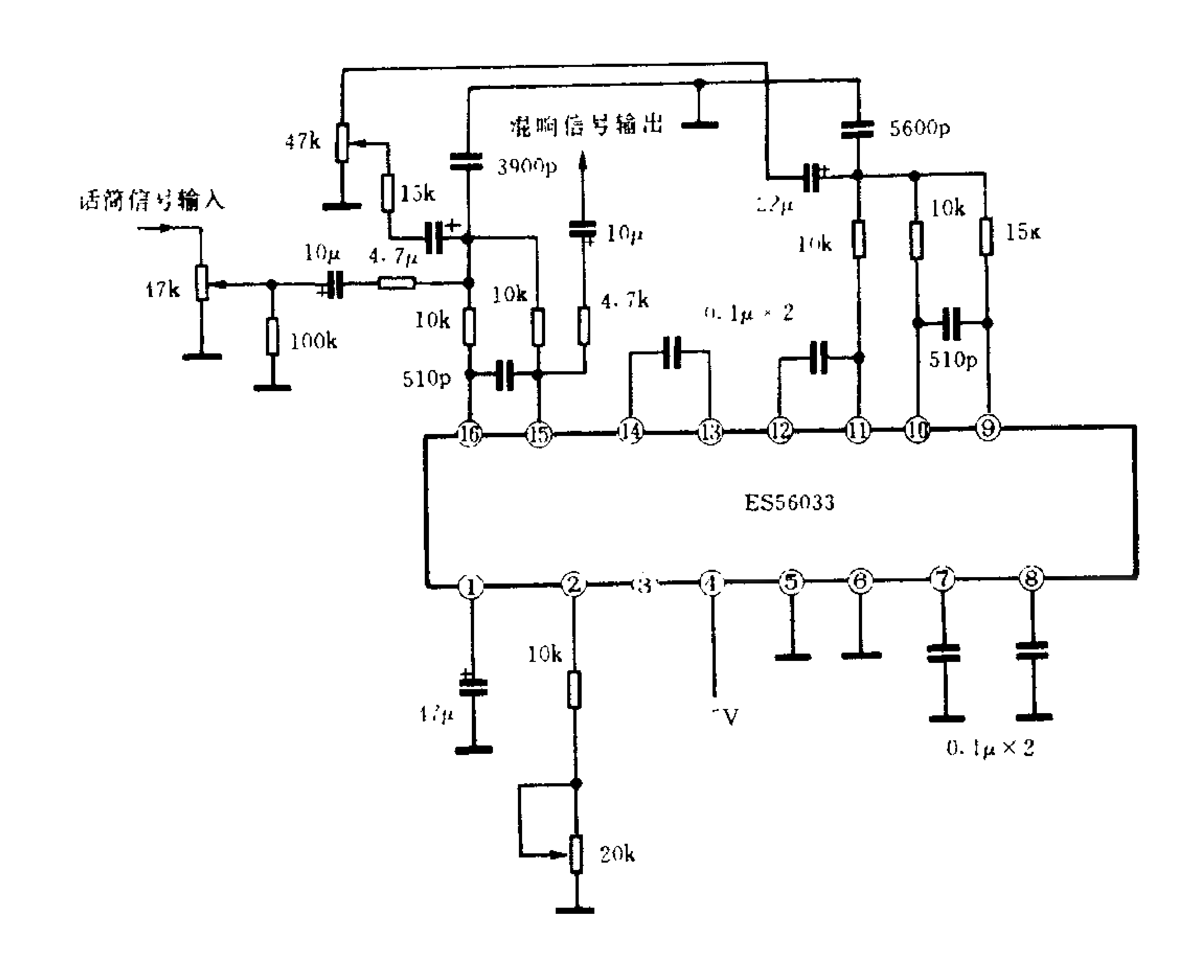


图 11－82　ES56033 应用电路

表 11－31　　　　GY9308 各引脚功能

引脚	符　号	功　　能	引脚	符　号	功　　能
①	D V_{DD}	数字电源端	⑬	LPF2 OUT	低通滤波器 2 输出端
②	OSC IN	振荡器输入端	⑭	LPF2 IN	低通滤波器 2 输入端
③	OSC OUT	振荡器输出端	⑮	OP2 OUT	OP2 放大器输出端
④	DEL1/REQ	延迟时间控制端	⑯	OP2 IN	OP2 放大器输入端
⑤	DEL2/SECK		⑰	CC2	内接预测器，外接电容
⑥	DEL3/SEDATA		⑱	CC1	内接预测器，外接电容
⑦	DEL4		⑲	REF	基准电压端
⑧	μ－COM/$\overline{\text{EASY}}$	微机/手动控制转换端	⑳	OP1 IN	OP1 放大器输入端
⑨	MUTE	静噪控制端	㉑	OP1 OUT	OP1 放大器输出端
⑩	MUTT	静音时间控制端	㉒	LPF1 OUT	低通滤波器 1 输出端
⑪	D GND	数字接地端	㉓	LPF1 IN	低通滤波器 1 输入端
⑫	A GND	模拟接地端	㉔	A V_{CC}	模拟电源端

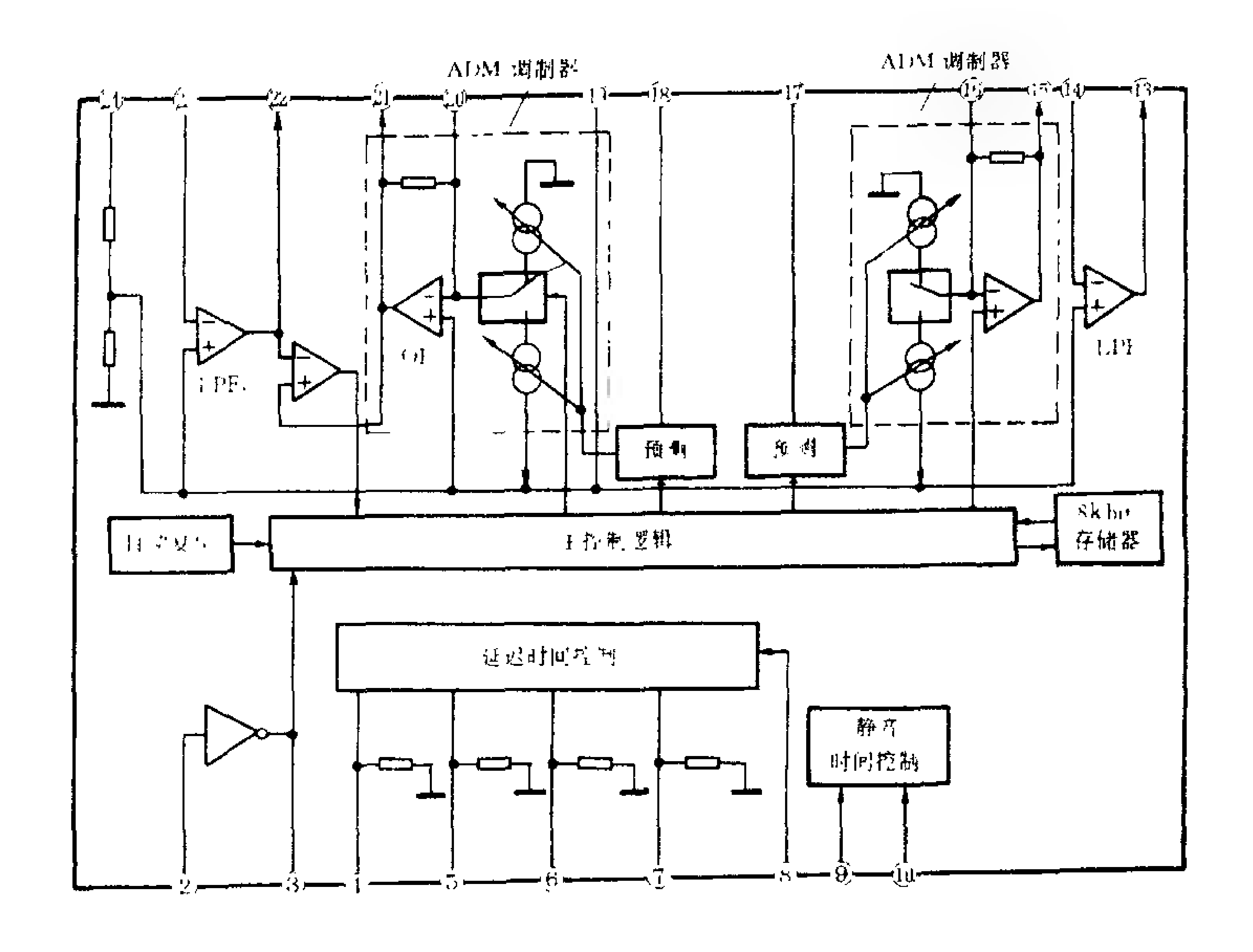


图 11－83　GY9308 内电路方框图

GY9308 有 5ms、10ms、15ms、20ms、25ms、30ms、35ms、40ms 和 0.078ms共 9 种延迟时间，可产生迪斯科(DISCO)、音乐厅(HALL)、教堂(CHURCH)、剧场(THEATER)、舞台(ARENA)等不同环境的环绕声效果。延迟时间可通过④脚～⑧脚的电平来设置，④脚～⑥脚在手动控制(EASY)状态，分别作为 DEL1、DEL2 和 DEL3 端使用；而在微机控制(μ—COM)状态，分别为 REQ、SECK 和 SEDATA 端。表 11－32 是手控模式下的延迟时间电平设定。

表 11－32　　　　延迟时间电平设定表

⑧脚	④脚	⑤脚	⑥脚	⑦脚	采样频率(kHz)	延迟时间(ms)
L	L	L	L	L	40.9	5
L	H	H	L	L		10
L	H	L	L	L		15
L	L	H	L	L		20

⑧脚	①脚	⑤脚	⑥脚	⑦脚	采样频率(kHz)	延迟时间(ms)
L	H	L	H	L	204	25
L	L	L	H	L		30
L	L	H	H	L		35
L	H	H	H	L		40
L				H	409	0.078

注:L 为低电平,H 为高电平

GY9308 的应用电路如图 11－84 所示。

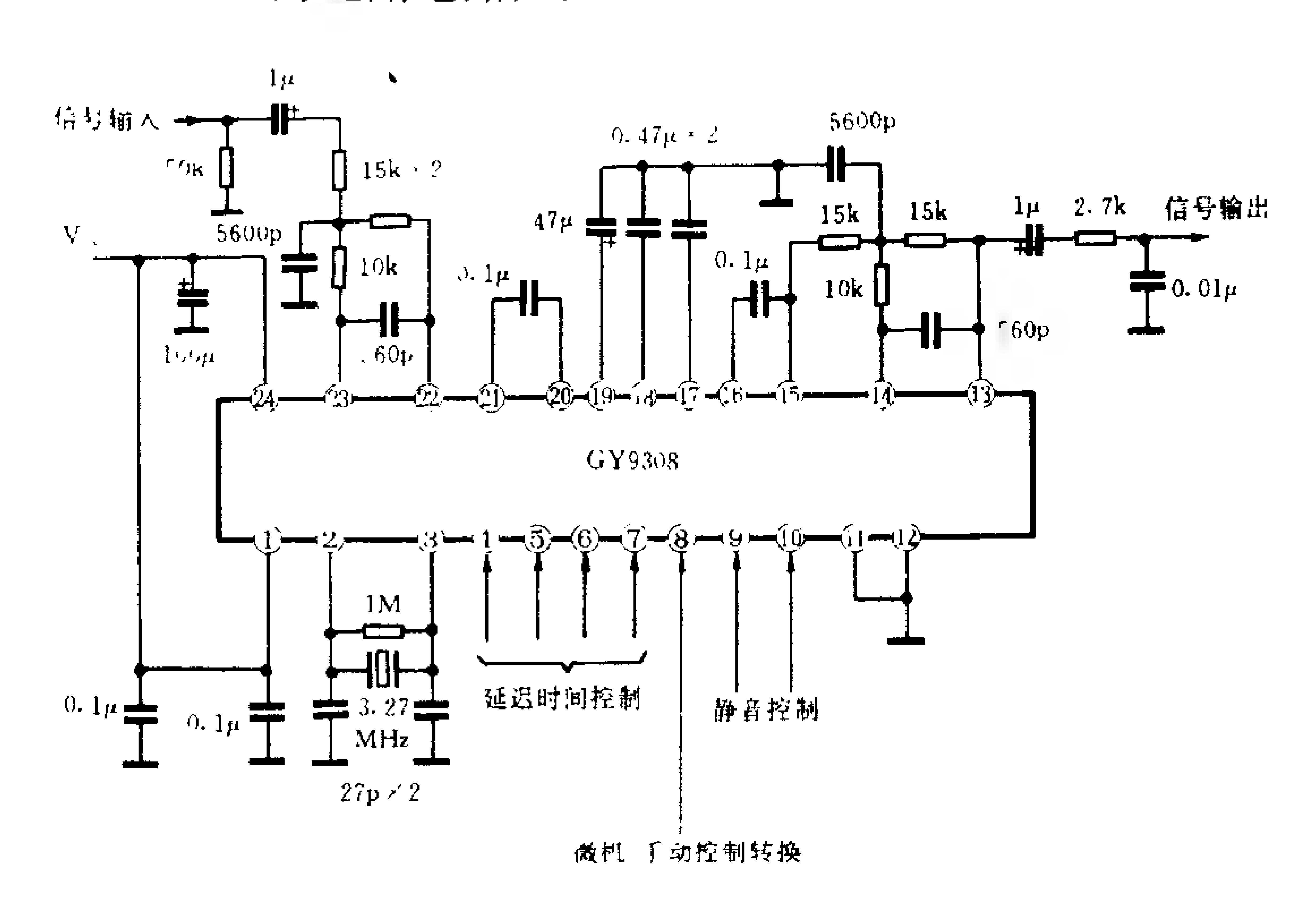


图 11－84　GY9308 应用电路

13. GY9403 数码卡拉 OK 集成电路

GY9403 是采用 14 脚双列直插式塑封的数码卡拉 OK 集成电路,内部由低通滤波器、A/D 变换器、D/A 变换器、SRAM 静态存储器、自动复位电路、主控逻辑电路、开机静音延时电路等组成,如图 11－85 所示,其各引脚功能见表 11－33。

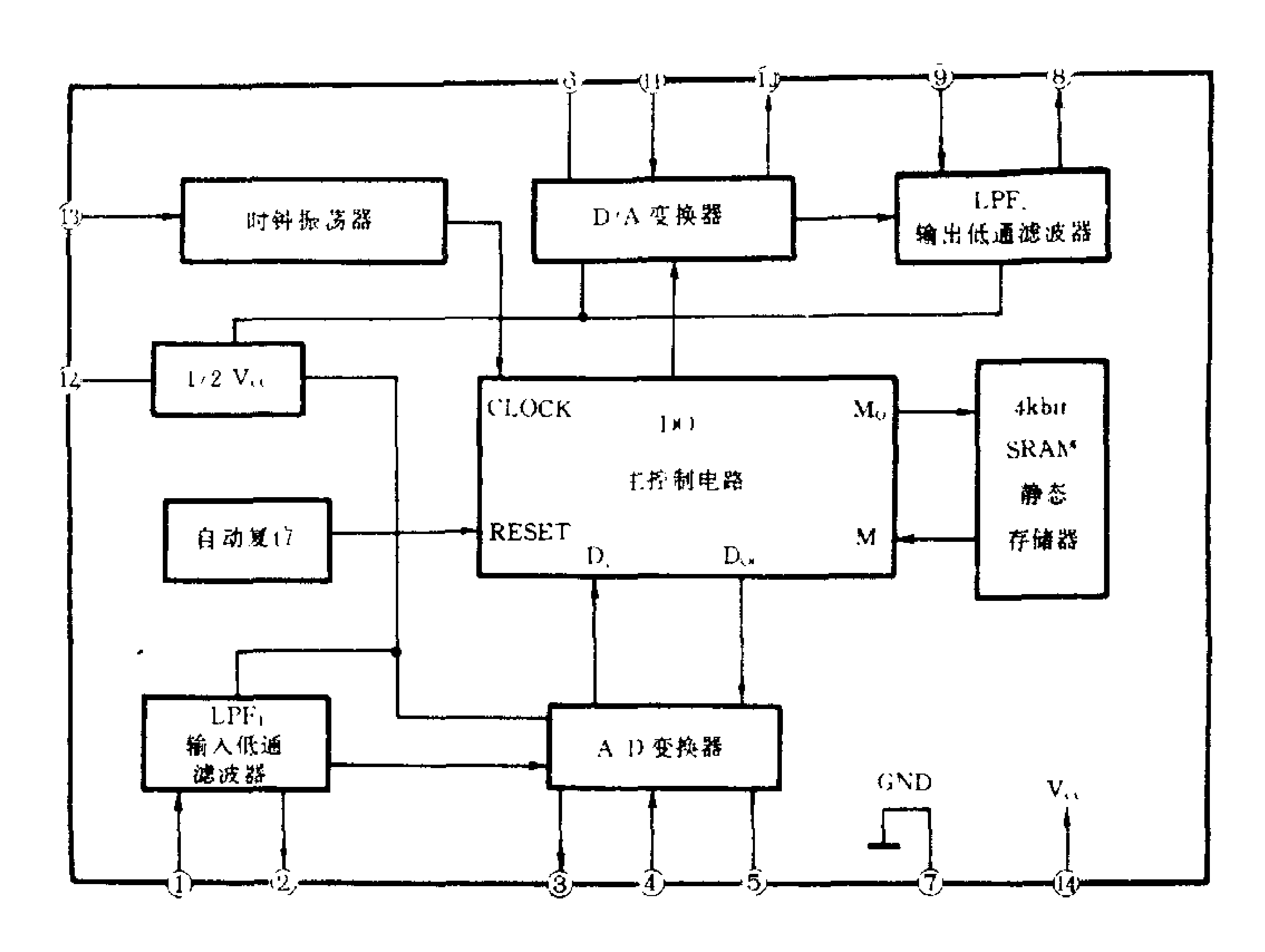


图 11-85　GY9403 内电路方框图

表 11-33　　　　GY9403 各引脚功能

引脚	符　号	功　　能	引脚	符　号	功　　能
①	LPF1 IN	低通滤波器 1 输入端	⑧	LPF2 OUT	低通滤波器 2 输出端
②	LPF1 OUT	低通滤波器 1 输出端	⑨	LPF2 IN	低通滤波器 2 输入端
③	OP1 OUT	OP1 放大器输出端	⑩	OP2 OUT	OP2 放大器输出端
④	OP1 IN	OP1 放大器输入端	⑪	OP2 IN	OP2 放大器输入端
⑤	CC1	内接预测器，外接电容	⑫	REF	基准电压端
⑥	CC2		⑬	CLOCK	时钟频率设定端
⑦	GND	接地端	⑭	V_{CC}	电源端

GY9403 的应用电路如图 11-86 所示。电路中，RP1 为混响深度调整电位器，RP2 为直通信号和延迟回音信号混合输出调整电位器。延迟时间与时钟频率有关，由⑬脚与⑭脚之间的电阻值来决定。该电阻为 56kΩ 时，时钟频率约为 161kHz，延迟时间约 203ms；27kΩ 时，时钟频率约 337kHz，延迟时间约 100ms。本电路中选用 39kΩ，时钟频率为 220kHz，延迟时间为 150ms。

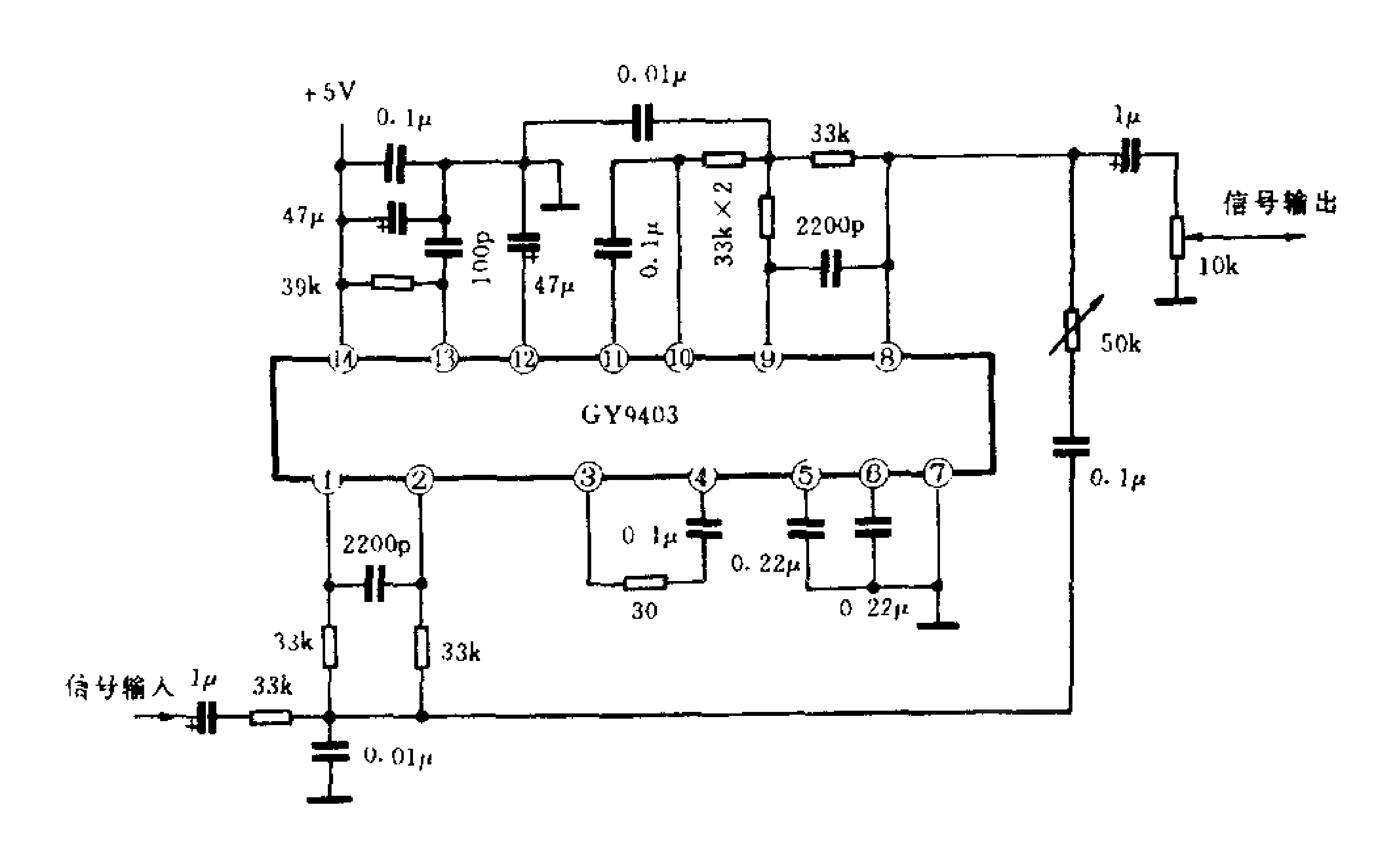


图 11－86　GY9403 应用电路

14. GY65839 数码混响集成电路

GY65839 是单片卡拉 OK 数码混响集成电路，内部由话筒输入放大器、自动电平控制、逻辑控制电路、混响音量控制、16K RAM、时钟发生器、A/D 变换器、D/A 变换器和低通滤波器等组成，如图 11

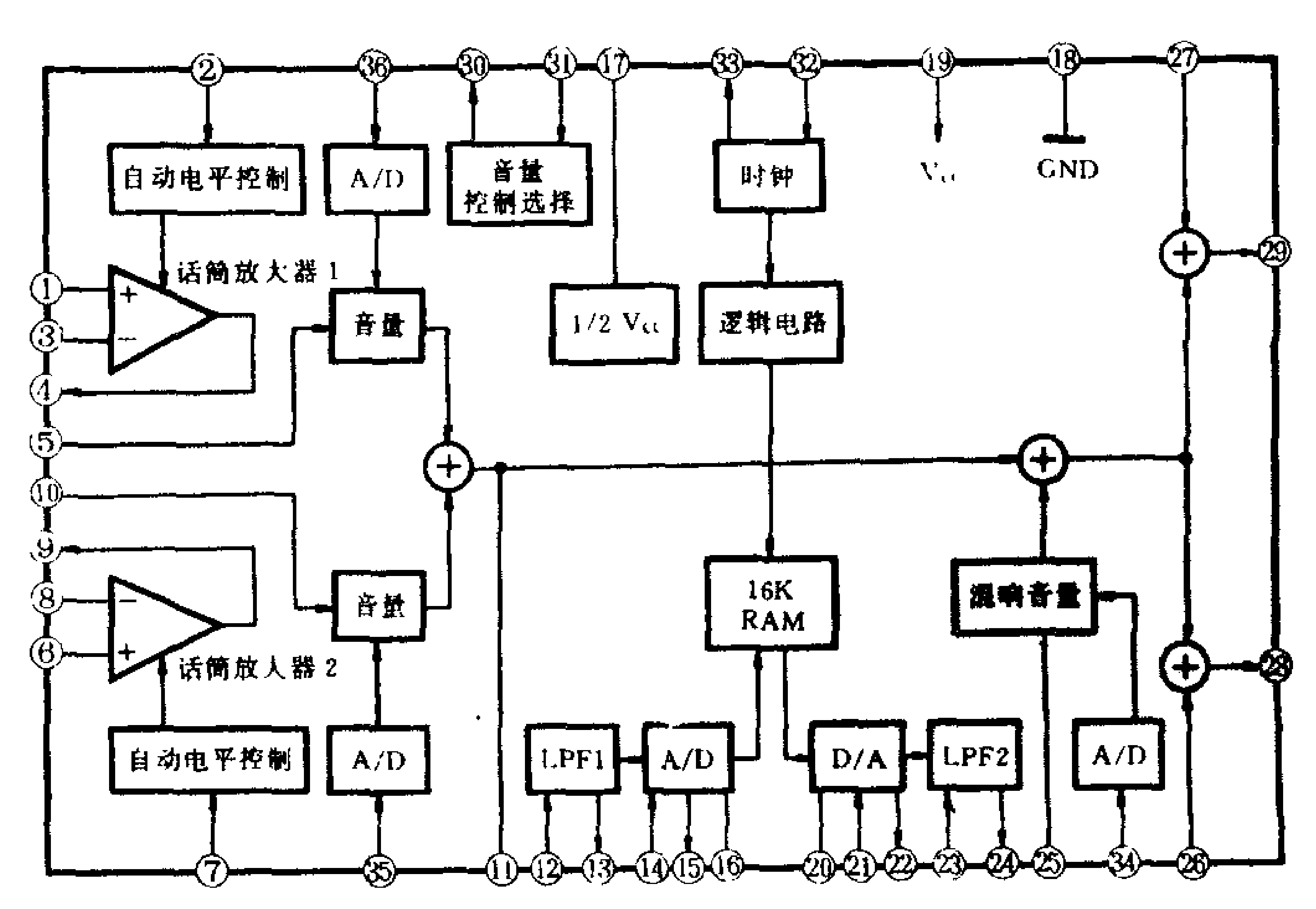


图 11－87　GY65839 内电路方框图

-87 所示,其各引脚功能见表 11-34。

表 11-34　　GY65839 各引脚功能

引脚	符号	功能	引脚	符号	功能
①	MIC1 IN	话筒放大器 1 正相输入端	⑲	V_{CC}	电源端
②	ALC1	自动电平控制端 1	⑳	DA CONT	D/A 变换器控制端
③	MIC1 NFIN	话筒放大器 1 反相输入端	㉑	DA INT IN	D/A 变换器输入端
④	MIC1 OUT	话筒放大器 1 输出端	㉒	DA INT OUT	D/A 变换器输出端
⑤	MIC1 VOL	话筒音量控制输入端 1	㉓	LPF2 IN	低通滤波器 2 输入端
⑥	MIC2 IN	话筒放大器 2 正相输入端	㉔	LPF2 OUT	低通滤波器 2 输出端
⑦	ALC2	自动电平控制端 2	㉕	ECHO VOLIN	混响音量控制端
⑧	MIC2 NFIN	话筒放大器 2 反相输入端	㉖	R IN	右声道音频输入端
⑨	MIC2 OUT	话筒放大器 2 输出端	㉗	LIN	左声道音频输入端
⑩	MIC2 VOL	话筒音量控制输入端 2	㉘	R OUT	右声道音频输出端
⑪	MIC OUT	话筒信号混合输出端	㉙	L OUT	左声道音频输出端
⑫	LPF1 IN	低通滤波器 1 输入端	㉚	MICECHOOUT	话筒混响输出端
⑬	LPF1 OUT	低通滤波器 1 输出端	㉛	MIC SW	话筒开关控制端
⑭	AD INT IN	A/D 变换器输入端	㉜	XIN	外接晶振
⑮	AD INT OUT	A/D 变换器输出端	㉝	XOUT	
⑯	AD CONT	A/D 变换器控制端	㉞	AUD SW	
⑰	REF	基准电压端	㉟	MIC1	话筒音量控制端 1
⑱	GND	接地端	㊱	MIC2	话筒音量控制端 2

15. GY65840 数码卡拉 OK 变调集成电路

GY65840 是具有变调功能的数码卡拉 OK 集成电路，内部由低通滤波器、高通滤波器、A/D 变换器、D/A 变换器、音调逻辑控制、RAM 存储器和混合放大器等组成，如图 11－88 所示，其各引脚功能见表 11－35。

表 11－35　　GY65840 各引脚功能

引脚	符　号	功　　能	引脚	符　号	功　　能
①	AD CONT	A/D 变换器控制端	⑮	MIX OUT	混合放大器输出端
②	DA1 CONT	D/A 变换器控制端 1	⑯	MIX IN	混合放大器输入端
③	DA2 CONT	D/A 变换器控制端 2	⑰	LPF2 OUT	低通滤波器 2 输出端
④	TEST1	测试端 1	⑱	LPF2 IN	低通滤波器 2 输入端
⑤	XIN	振荡器输入端	⑲	HPF OUT	高通滤波器输出端
⑥	XOUT	振荡器输出端	⑳	HPF IN	高通滤波器输入端
⑦	DATA	变调数据信号输入端	㉑	LPF1 OUT	低通滤波器 1 输出端
⑧	CLOCK	变调时钟信号输入端	㉒	LPF1 IN	低通滤波器 1 输入端
⑨	STORBE	变调选通信号输入端	㉓	AD INT IN	A/D 变换器输入端
⑩	TEST2	测试端 2	㉔	AD INT OUT	A/D 变换器输出端
⑪	TEST3	测试端 3	㉕	DA1 INT IN	D/A 变换器输入端
⑫	REF	基准电压端	㉖	DA1 INT OUT	D/A 变换器输出端
⑬	GND	接地端	㉗	DA2 INT IN	D/A 变换器输入端 2
⑭	V_{CC}	电源端	㉘	DA2 INT OUT	D/A 变换器输出端 2

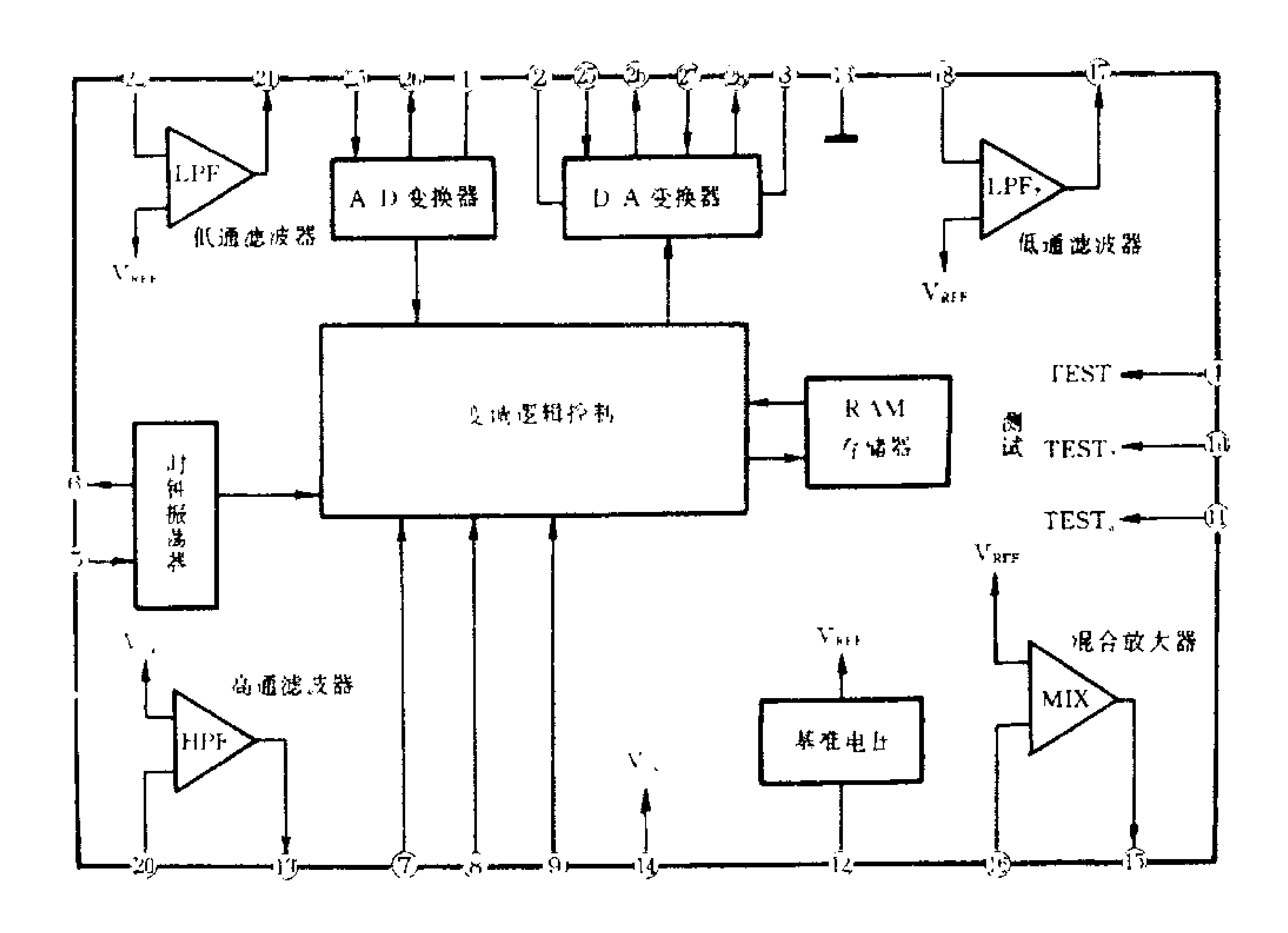


图 11-88　GY65840 内电路方框图

GY65840 的工作电压为 +5V，工作电流为 30mA，输入频率为 1kHz。升降调范围可从 ±8 或 ±20 度音两挡任意选择，由⑦脚～⑨脚来控制。图 11-89 是 GY65840 的应用电路。

16. TC9415N 数码延时混响集成电路

TC9415N 是日本东芝公司的数码卡拉 OK 混响集成电路，内部由 MIC 话筒输入放大器、ALC 自动电平控制电路、VOL 音量控制电路、A/D 变换器、D/A 变换器、低通滤波器、DSP 数字信号处理器、RAM 存储器等组成，如图 11-90 所示，其各引脚功能见表 11-36。

TC9415N 采用 24 脚双列直插式封装，外围元件较少，其数码延时混响控制及 MIC 放大控制有总线控制和直流电压控制两种方式选择（由④脚电平来控制），混响电平控制为 8 级，MIC 电平控制为 16 级。内置 8kbit RAM，延迟时间最长为 128ms（分 32ms、64ms 和 128ms 三次读出）。TC9415N 的应用电路如图 11-91 所示。

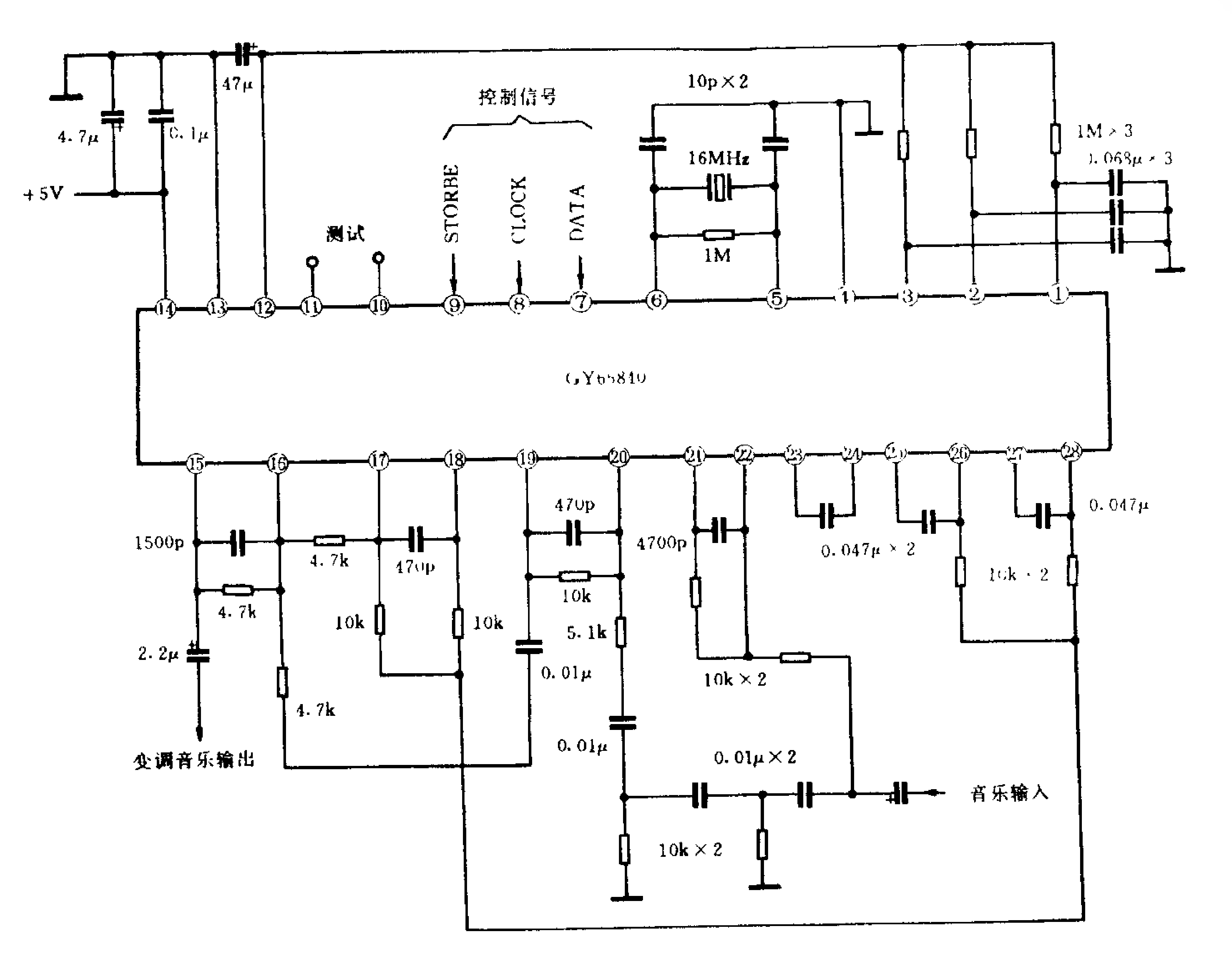


图 11－89　GY65840应用电路

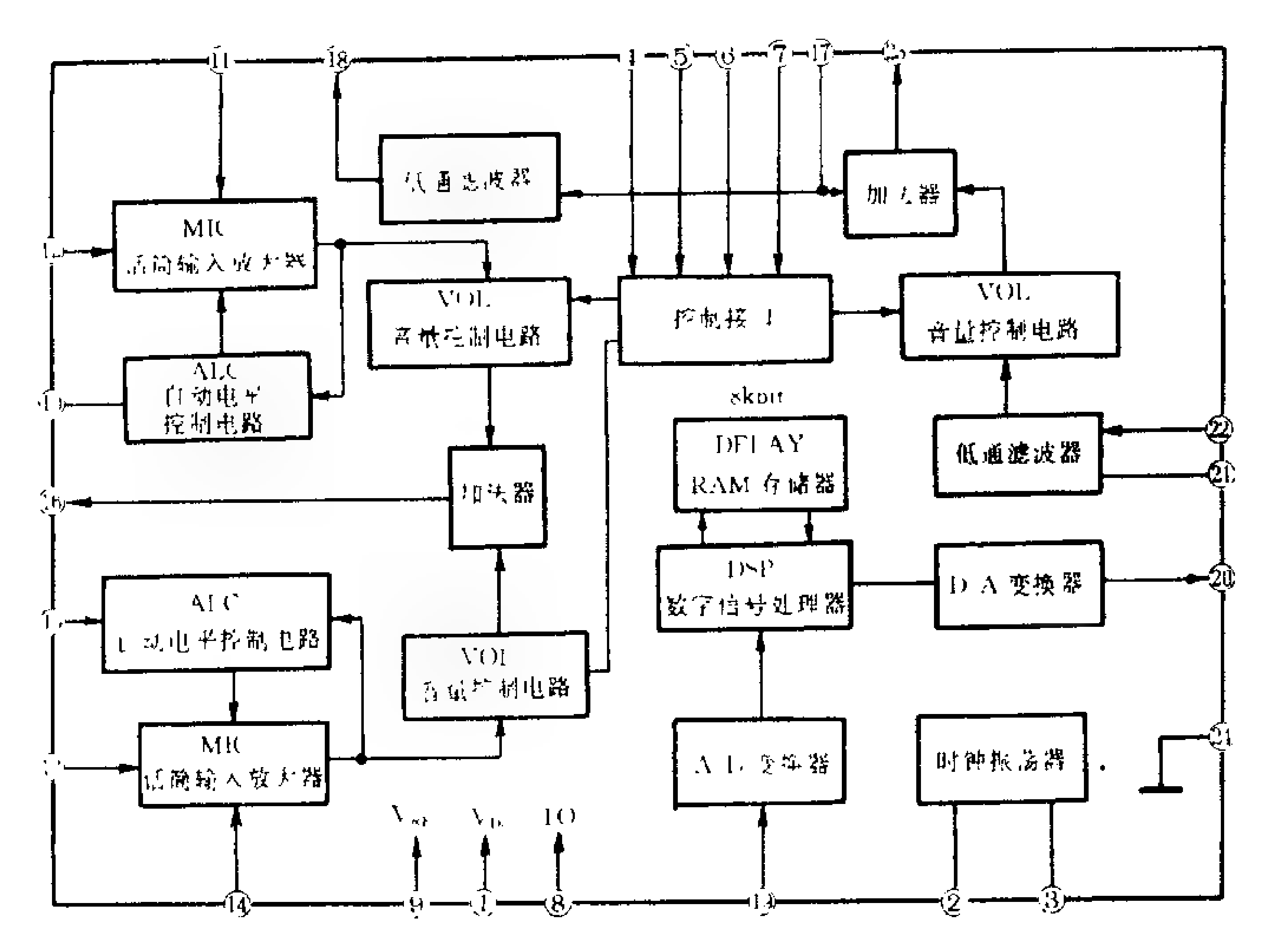


图 11－90　TC9415N 内电路方框图

表 11－36　　　　TC9415N 各引脚功能

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	V_{DD}	电源端	⑬	MC2P	MIC2 正相信号输入端
②	OSCR	时钟振荡器外接电阻端	⑭	MC2N	MIC2 反相信号输入端
③	OSCC	时钟振荡器外接电容端	⑮	ALC2	自动电平控制输入端 2
④	VOLST	串行总线与直流控制选择端	⑯	MCO	MIC 信号输出端
⑤	VOL1	时钟信号输入/MIC1 音量控制端	⑰	MIX	MIC 混合信号输入端
⑥	VOL2	EN 信号输入/MIC2 音量控制端	⑱	LP1 IN	低通滤波器 1 输入端
⑦	VOL3	SI 串行数据信号输入/回声音量控制端	⑲	ADIN	A/D 变换器输入端
⑧	TO	测试端	⑳	DAOUT	D/A 变换器输出端
⑨	V_{REF}	基准电压端	㉑	LPF2 IN	低通滤波器 2 输入端
⑩	ALC1	自动电平控制输入端 1	㉒	LP2 OUT	低通滤波器 2 输出端
⑪	MC1N	MIC1 反相信号输入端	㉓	DOUT	延迟信号输出端
⑫	MC1P	MIC1 正相信号输入端	㉔	GND	接地端

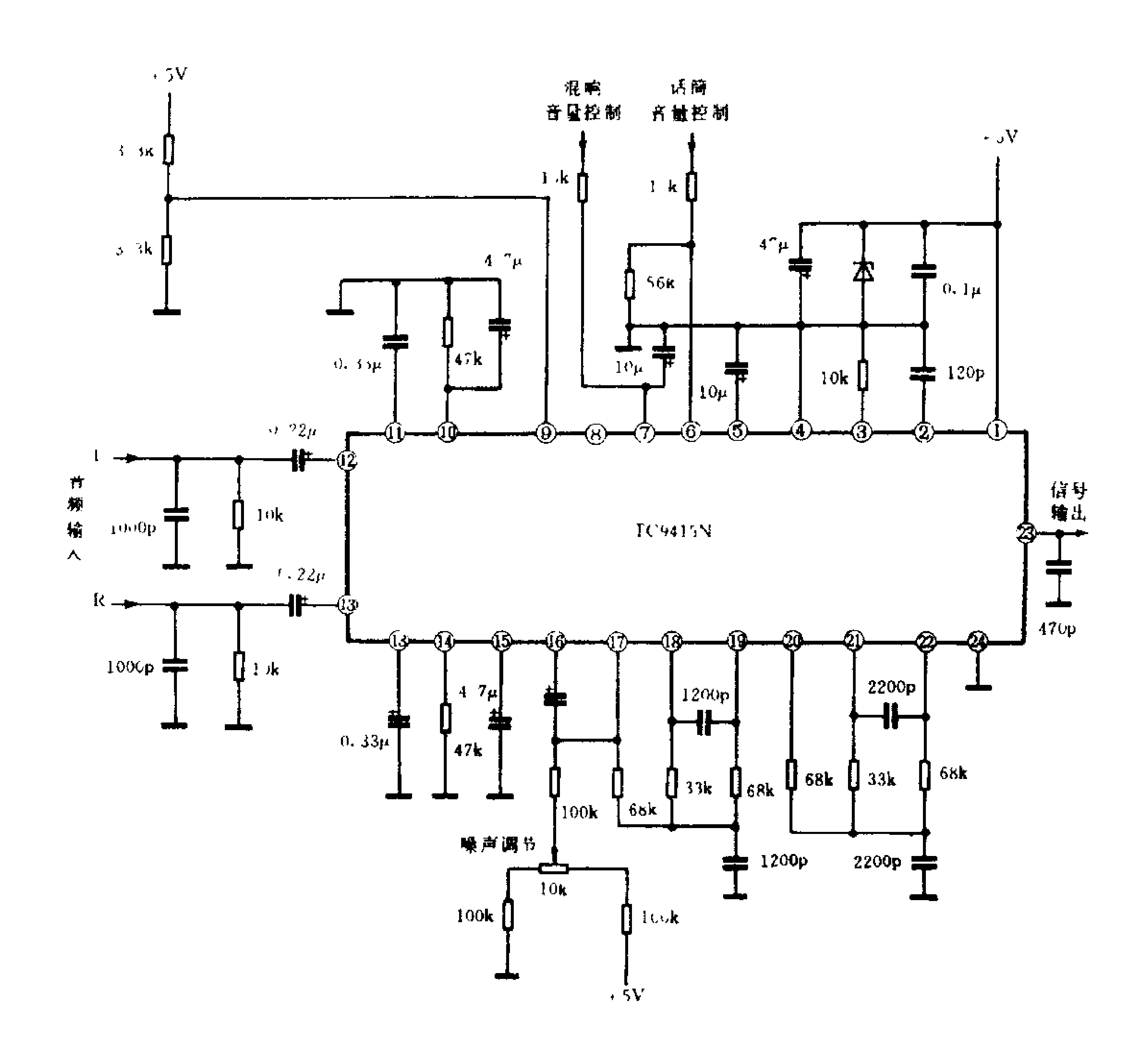


图 11－91 TC9415N 应用电路

17. PT2395 数码延时混响集成电路

PT2395 是增强型数码延时混响集成电路,内部由主控逻辑电路、读/写控制、行/列地址译码器、地址输出缓冲、延时选择、振荡器、A/D 变换器、D/A 变换器、低通滤波器等组成,如图 11－92 所示,其各引脚功能见表 11－37。

PT2395 与外部存储器 DRAM256K 配合使用,可获得更长的延时,其失真度和信噪比也可进一步改善。图 11－93 是 PT2395 的应用电路。

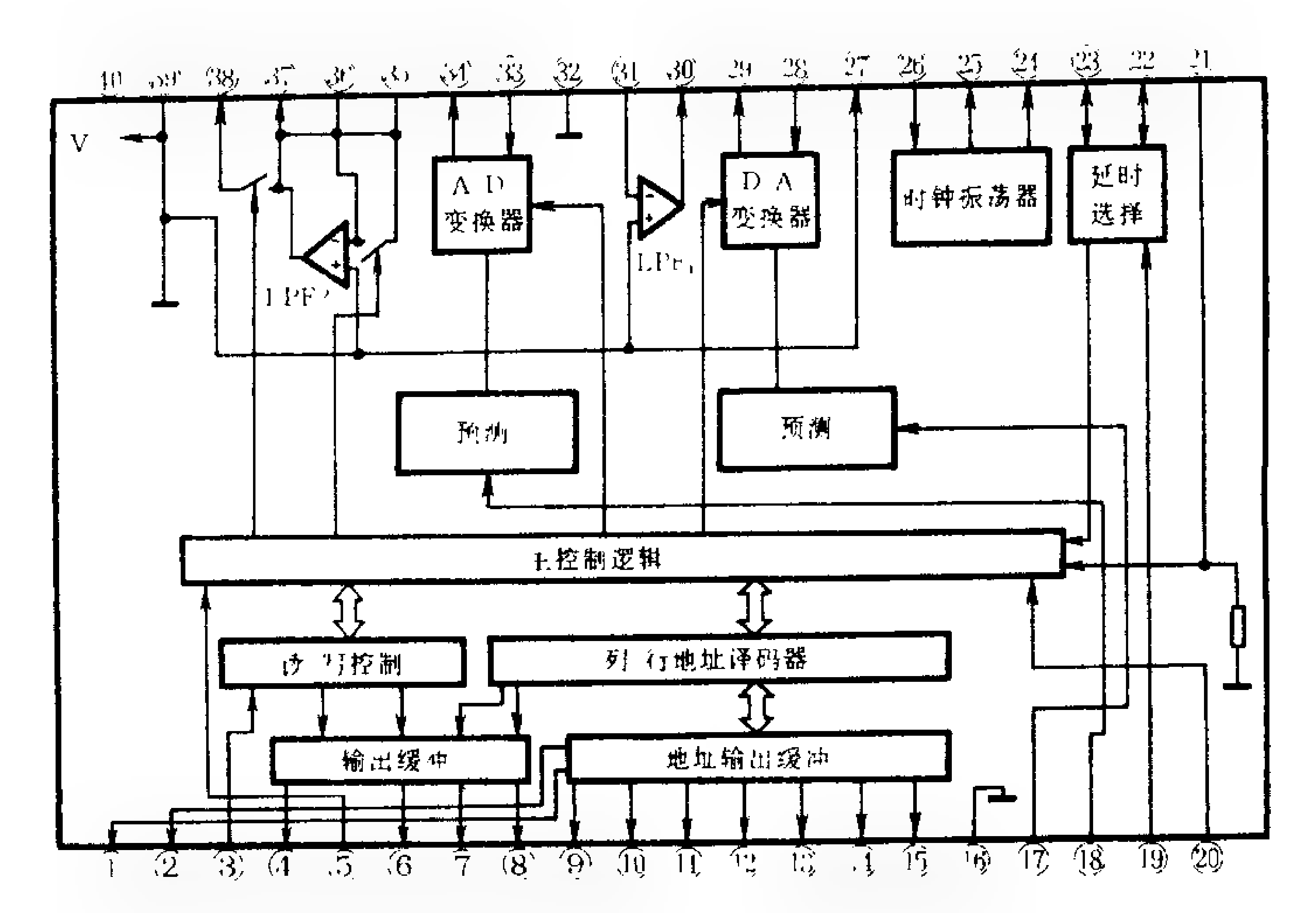


图 11－92　PT2395 内电路方框图

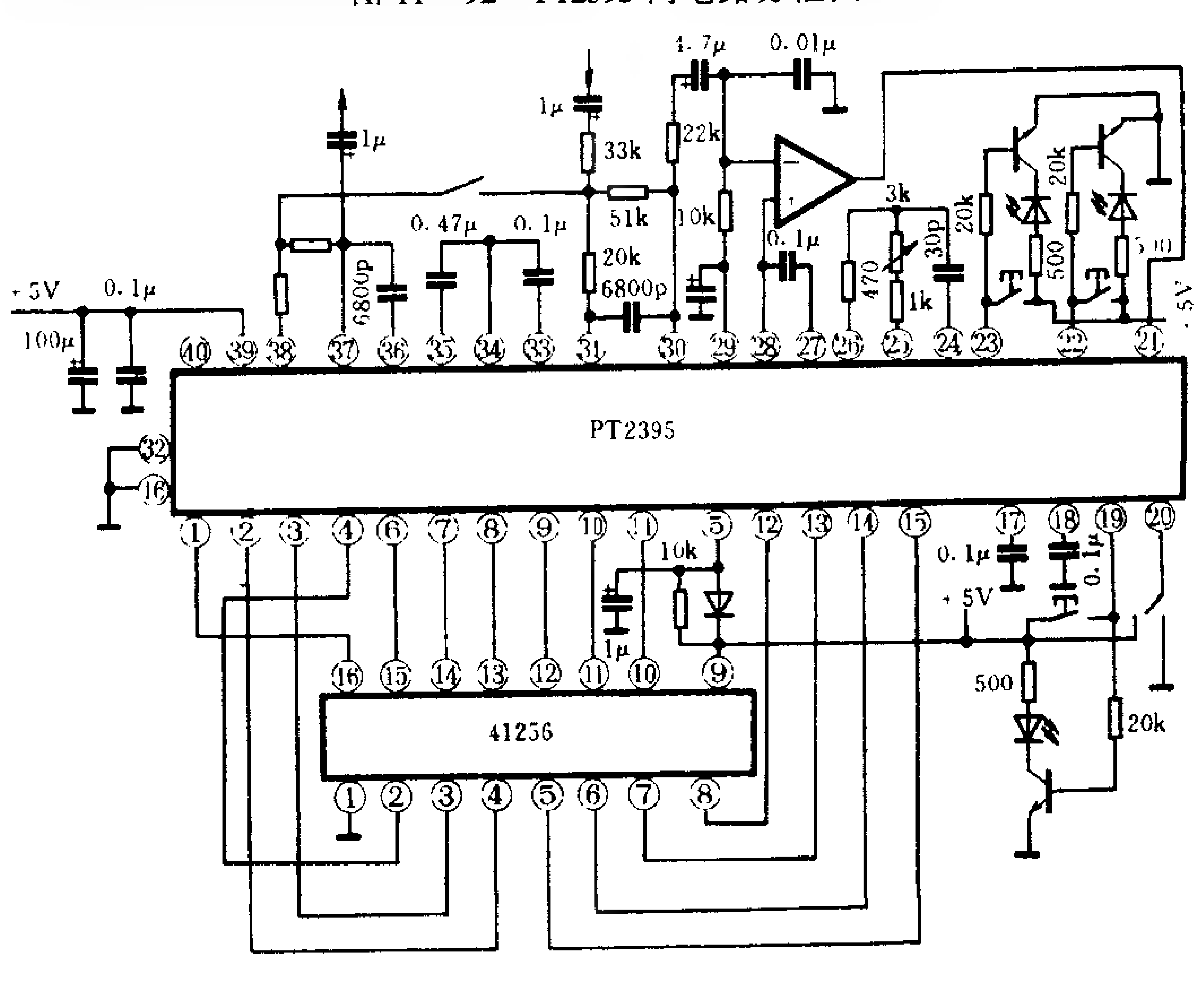


图 11－93　PT2395 应用电路

表 11 - 37　　　　　　**PT2395 各引脚功能**

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	A8	地址信号输出端	㉑	CDI	数字信号输入端
②	A6		㉒	MIDD	中时间延迟选择端
③	MD1	数据信号输入/输出端	㉓	LONG	长时间延迟选择端
④	CAS	列地址选通输出端	㉔	OSCX	振荡器调整端
⑤	RESET	复位端	㉕	OSCO	振荡器输出端
⑥	DO	串行数据输出端	㉖	OSCI	振荡器输入端
⑦	W	读/写控制输出端	㉗	REF	基准电压端
⑧	RAS	行地址选通输出端	㉘	OP1I	ADM 调制器输入端
⑨	A0	地址信号输出端	㉙	OP1O	ADM 调制器输出端
⑩	A2		㉚	LPF1O	低通滤波器 1 输出端
⑪	A1		㉛	LPF1I	低通滤波器 1 输入端
⑫	A7		㉜	AGND	模拟接地端
⑬	A5		㉝	OP2I	ADM 解调器输入端
⑭	A4		㉞	OP2O	ADM 解调器输出端
⑮	A3		㉟	LPF2I2	低通滤波器 2 输入端 2
⑯	DGND	数字接地端	㊱	LPF2I1	低通滤波器 2 输入端 1
⑰	CC1	内接预测器,外接电容	㊲	LPF2O1	低通滤波器 2 输出端 1
⑱	CC2		㊳	LPF2O2	低通滤波器 2 输出端 2
⑲	SHORT	短时间延迟选择端	㊴	V_{CC}	电源端
⑳	SEL		㊵	NC	空脚

18. YSS205 数码卡拉 OK 集成电路

YSS205 是日本雅马哈公司的数码卡拉 OK 集成电路,内部由 DSP 数字信号处理器、A/D 变换器、D/A 变换器、微处理器接口、外部存储器接口和时钟振荡器等电路组成,如图 11 - 94 所示,其各引脚功能见表 11 - 38。YSS205 的应用电路见图 11 - 95。

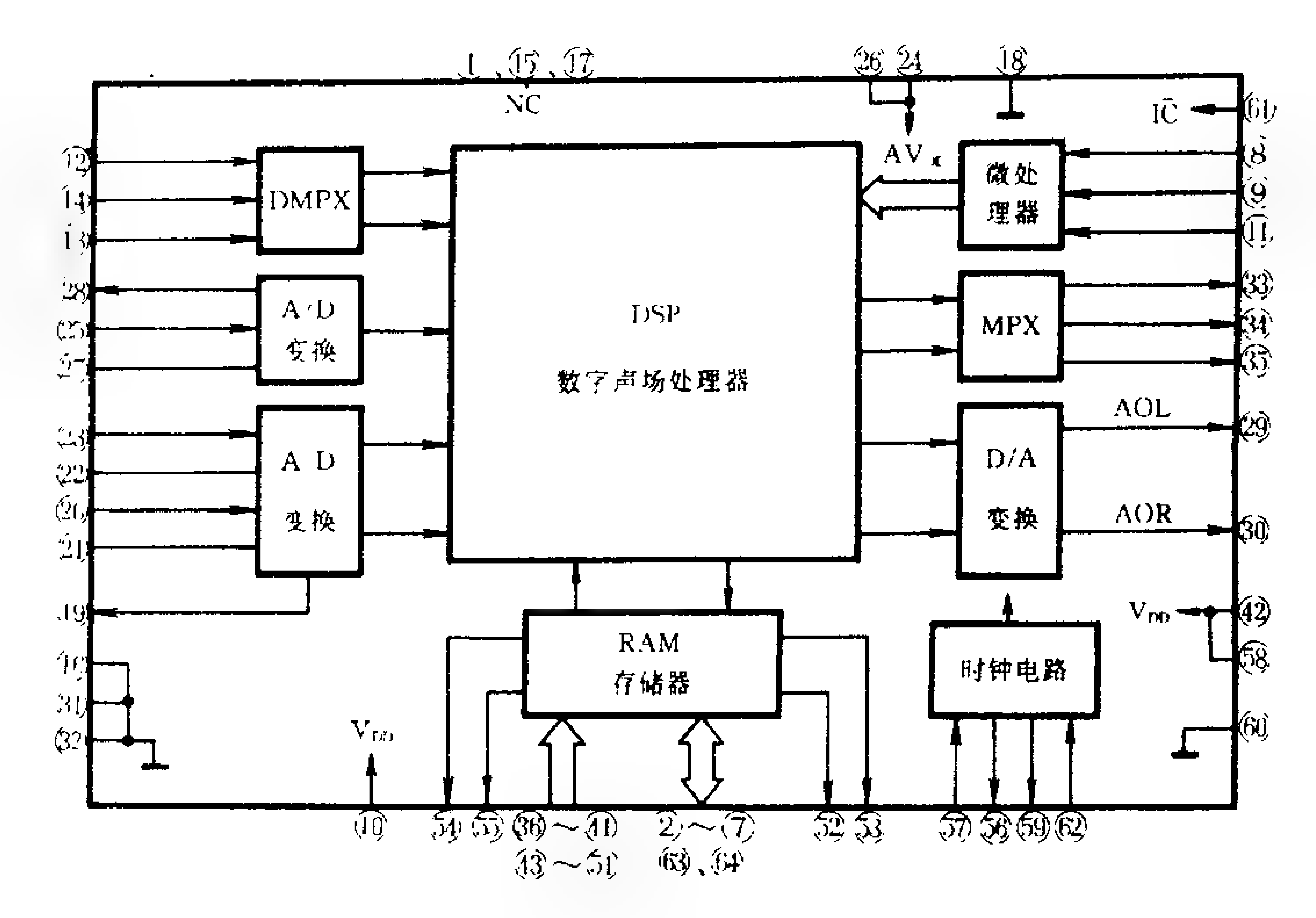


图 11－94　YSS205 内电路方框图

表 11－38　　　　YSS205 各引脚功能

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	NC	空脚	⑫	DI	音频串行数据输入端
②	MD2	存储器数据信号输入/输出端	⑬	SDSY	L/R 时钟信号输入端
③	MD7		⑭	BCI	位时钟信号输入端
④	MD6		⑮	NC	空脚
⑤	MD5		⑯	V_{SS}	接地端
⑥	MD4		⑰	NC	空脚
⑦	MD3		⑱	AV_{SS}	模拟接地端
⑧	CDI	CPU 串行数据输入端	⑲	CVB	右声道中点电压输出端
⑨	$\overline{CS}$	片选信号输入端	⑳	MIC	话筒信号输入端
⑩	V_{DD}	电源端（＋5V）	㉑	CHM	MIC 输入取样/保持电容连接端
⑪	$\overline{SCK}$	串行时钟输入端			

续表

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
㉒	CHR	右声道输入取样/保持电容连接端	㊷	V_{DD}	数字电源端
㉓	AIR	右声道信号输入端	㊸	MA12	存储器地址信号输出端
㉔	AV_{DD}	模拟电源端	㊹	MA7	
㉕	AIL	左声道信号输入端	㊺	MA6	
㉖	AV_{DD}	模拟电源端	㊻	MA5	
㉗	CHL	左声道输入取样/保持电容连接端	㊼	MA4	
㉘	CVA	左声道中点电压输出端	㊽	MA3	
㉙	AOL	D/A 变换器左声道输出端	㊾	MA2	
㉚	AOR	D/A 变换器右声道输出端	㊿	MA1	
㉛	AV_{SS}	模拟接地端	51	MA0	
㉜	DV_{SS}	数字接地端	52	$\overline{CE0}$	片选信号输出端
㉝	BCO	位时钟输出端	53	$\overline{CE1}$	
㉞	L/R	左/右通道时钟输出端	54	$\overline{OE}$	写入允许信号输出端
㉟	DO	串行数据输出端	55	$\overline{WE}$	读/写控制输出端
㊱	MA13	存储器地址信号输出端	56	XO	时钟振荡器输出端
㊲	MA8		57	XI	时钟振荡器输入端
㊳	MA9		58	V_{DD}	数字电源端
㊴	MA11		59	MCKO	主时钟输出端
㊵	MA10		60	V_{SS}	数字接地端
㊶	MA14		61	$\overline{IC}$	启始清除端
			62	384/256	主时钟速率选择输入端
			63	MD0	存储器数据信号输入/输出端
			64	MD1	

图 11 - 95　YSS205 应用电路

19. YSS216 数码卡拉 OK 集成电路

YSS216 是日本雅马哈公司生产的新一代数码卡拉 OK 处理电路，它只需外接一只 256k DRAM，即可对音频信号进行 8 级升降调控制、歌声消除、混响 8 级可调和多种效果环绕声处理。内置 3 通道 A/D 变换器和 1 通道 D/A 变换器，具有数字/模拟信号的混合、淡入和淡出处理功能，混响时间最长达 200ms。采用 16.934MHz 的主时钟和 44.1kHz 的采样频率。所有控制功能是微处理器通过串行数据对寄存器设置来实现的。图 11－96 是 YSS216 的内电路方框图，其各引脚功能见表 11－39。

图 11－97 是 YSS216 的应用电路。

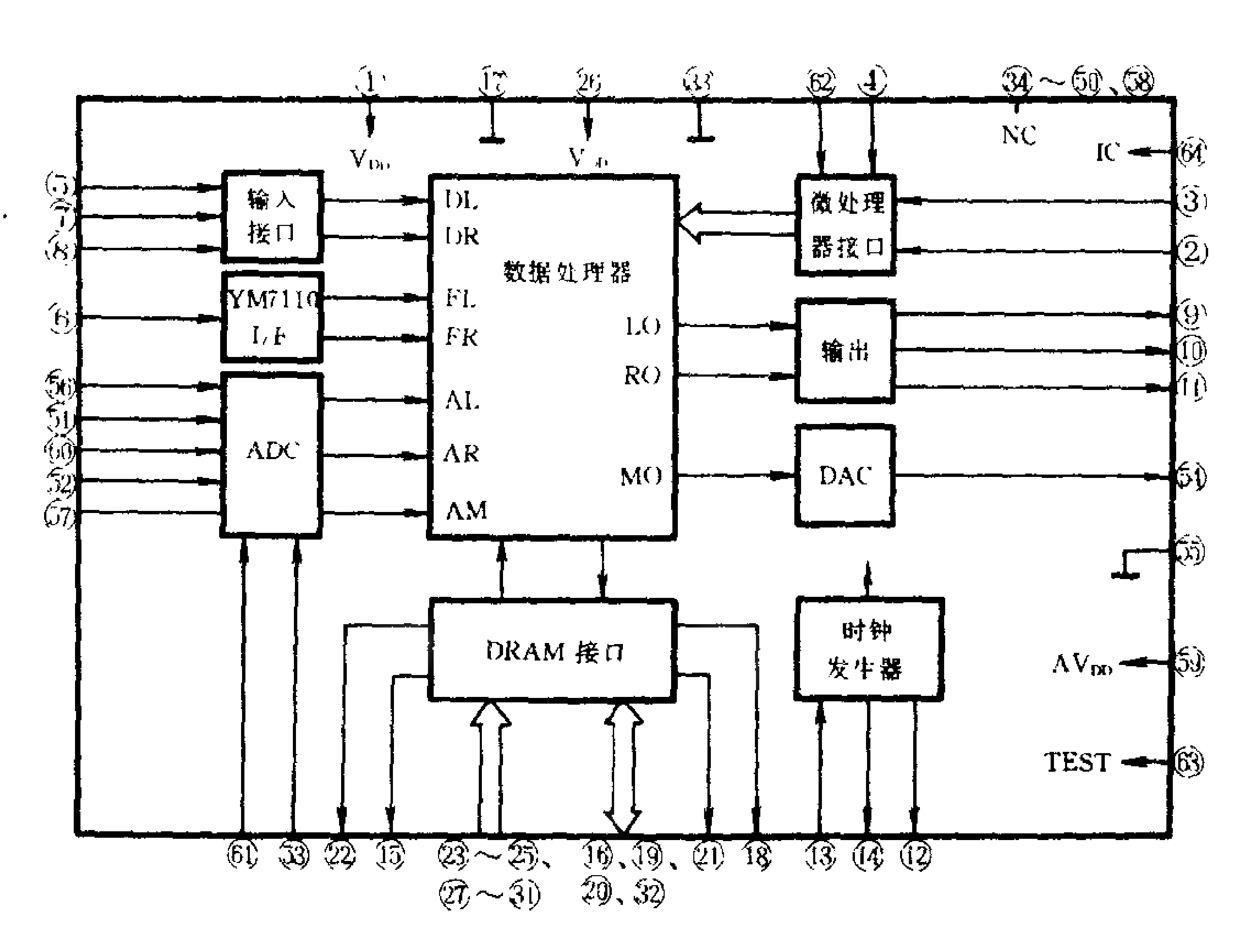


图 11－96　YSS216 内电路方框图

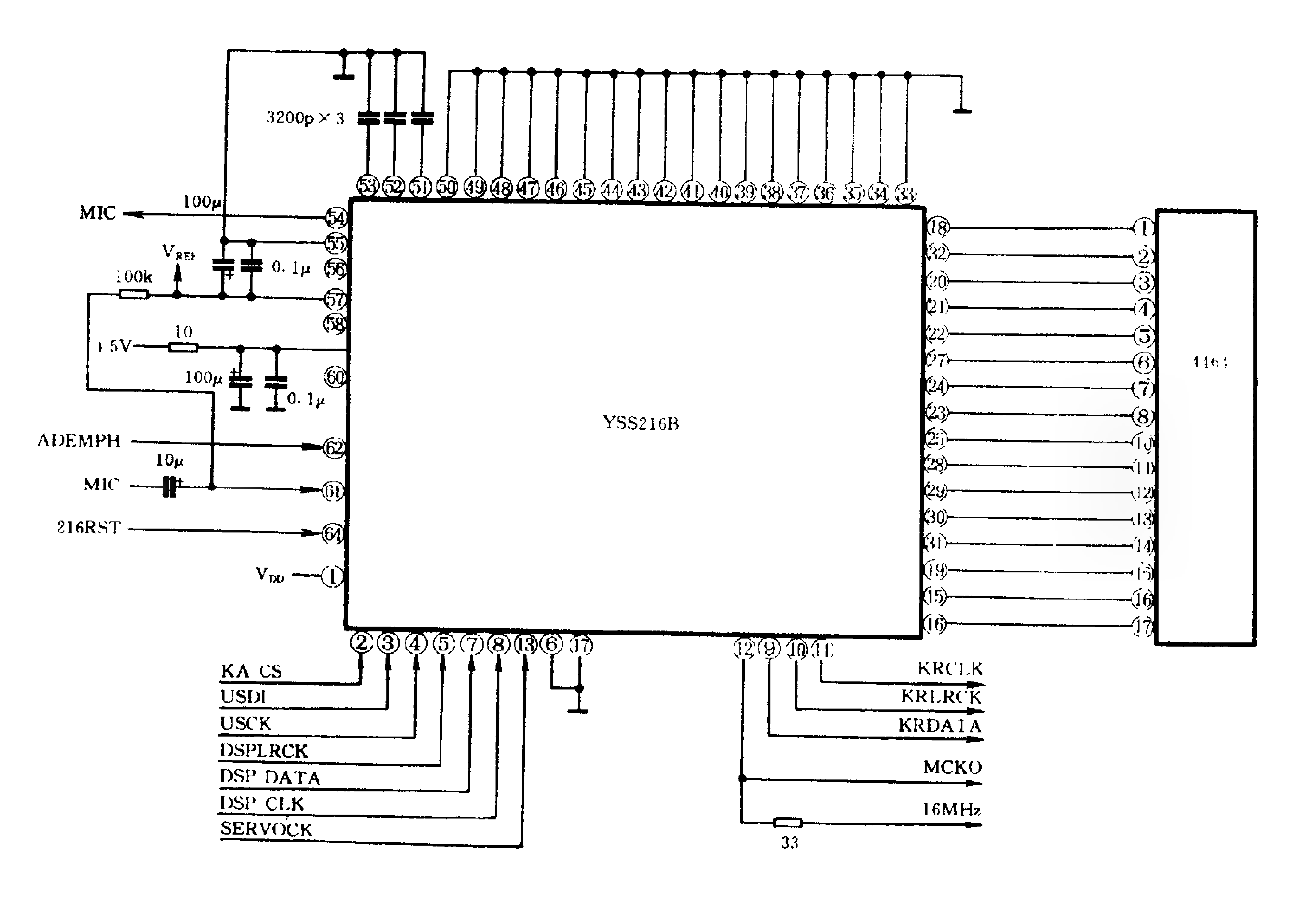


图 11-97　YSS216 应用电路

表 11－39　　　　　　　　YSS216 各引脚功能

引脚	符号	功　　能
①	V_{DD}	数字电源端
②	$\overline{CS}$	片选信号输入端
③	CDI	CPU 串行数据输入端
④	$\overline{SCK}$	串行时钟输入端
⑤	SDSY	L/R 时钟输入端
⑥	$\overline{ANLS}$	数字音频信号输入端
⑦	DI	数字音频串行时钟输入端
⑧	BCI	位时钟信号输入端
⑨	DO	数字音频串行时钟输出端
⑩	L/R	左/右通道时钟信号输出端
⑪	BCO	位时钟信号输出端
⑫	MCLO	16.934MHz 主时钟信号输出端
⑬	XI	晶振信号输入端
⑭	XO	晶振信号输出端
⑮	$\overline{CAS}$	DRAM 接口，列地址选通输出端
⑯	MD3	DRAM 接口，数据输入/输出端
⑰	V_{SS}	数字接地端
⑱	$\overline{OE}$	写允许信号输出端
⑲	MD0	DRAM 接口，数据输入/输出端
⑳	MD1	
㉑	$\overline{WE}$	读/写控制输出端
㉒	$\overline{RAS}$	DRAM 接口，行地址选通输出端
㉓	MA6	DRAM 接口，地址信号输出端
㉔	MA5	
㉕	MA4	
㉖	V_{DD}	电源端
㉗	MA7	DRAM 接口，地址信号输出端
㉘	MA3	
㉙	MA2	
㉚	MA1	
㉛	MA0	
㉜	MD2	DRAM 接口，数据输入/输出端
㉝	V_{SS}	接地端
㉞	NC	空脚
㉟	NC	空脚
㊱	NC	
㊲	NC	
㊳	NC	
㊴	NC	
㊵	NC	
㊶	NC	
㊷	NC	
㊸	NC	
㊹	NC	
㊺	NC	
㊻	NC	
㊼	NC	
㊽	NC	
㊾	NC	
㊿	NC	
51	CHL	左声道模拟信号输入端/取样电容连接端
52	CHR	右声道模拟信号输入端/取样电容连接端
53	CHM	MIC 模拟信号输入端/取样电容连接端

续表

引脚	符号	功能	引脚	符号	功能
54	AOM	MIC模拟音频信号D/A变换输出端	60	AIR	右声道模拟信号输入端
55	AV_{SS}	模拟接地端	61	AIM	MIC右声道A/D变换器输入端
56	AIL	左声道模拟信号输入端	62	DEPI	去加重控制输入端
57	CV	A/D变换器中点电压端	63	TI	测试输入端
58	NC	空脚	64	$\overline{IC}$	集成电路初始化清零端
59	AV_{DD}	模拟电源端			

20. YX8955数码混响集成电路

YX8955是数码延时混响处理集成电路，内部由A/D变换器、D/A变换器、逻辑控制电路和前置放大器等组成，如图11-98所示，其各引脚功能见表11-40。

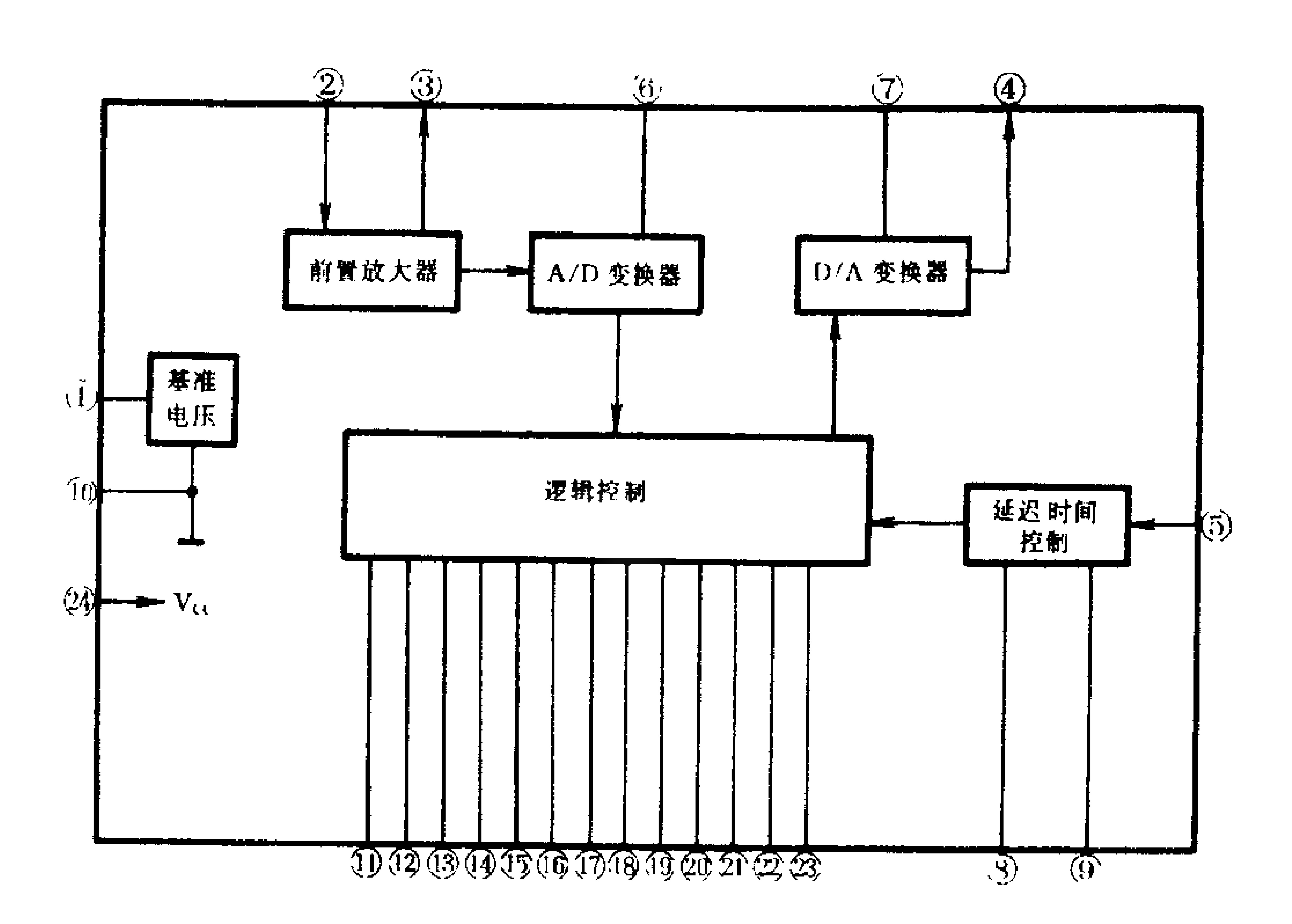


图11-98 YX8955内电路方框图

表 11－40　　YX8955 各引脚功能

引脚	功　能	引脚	功　能
①	基准电压端	⑬	接外部存储器 DRAM
②	前置放大器输入端	⑭	
③	前置放大器输出端	⑮	
④	延迟信号输出端	⑯	
⑤	延迟时间设定端	⑰	
⑥	外接电阻	⑱	
⑦		⑲	
⑧	混响效果调节端	⑳	
⑨		㉑	
⑩	接地端	㉒	
⑪	接外部存储器 DRAM	㉓	
⑫		㉔	电源端（+5V）

图 11－99 为 YX8955 的应用电路。

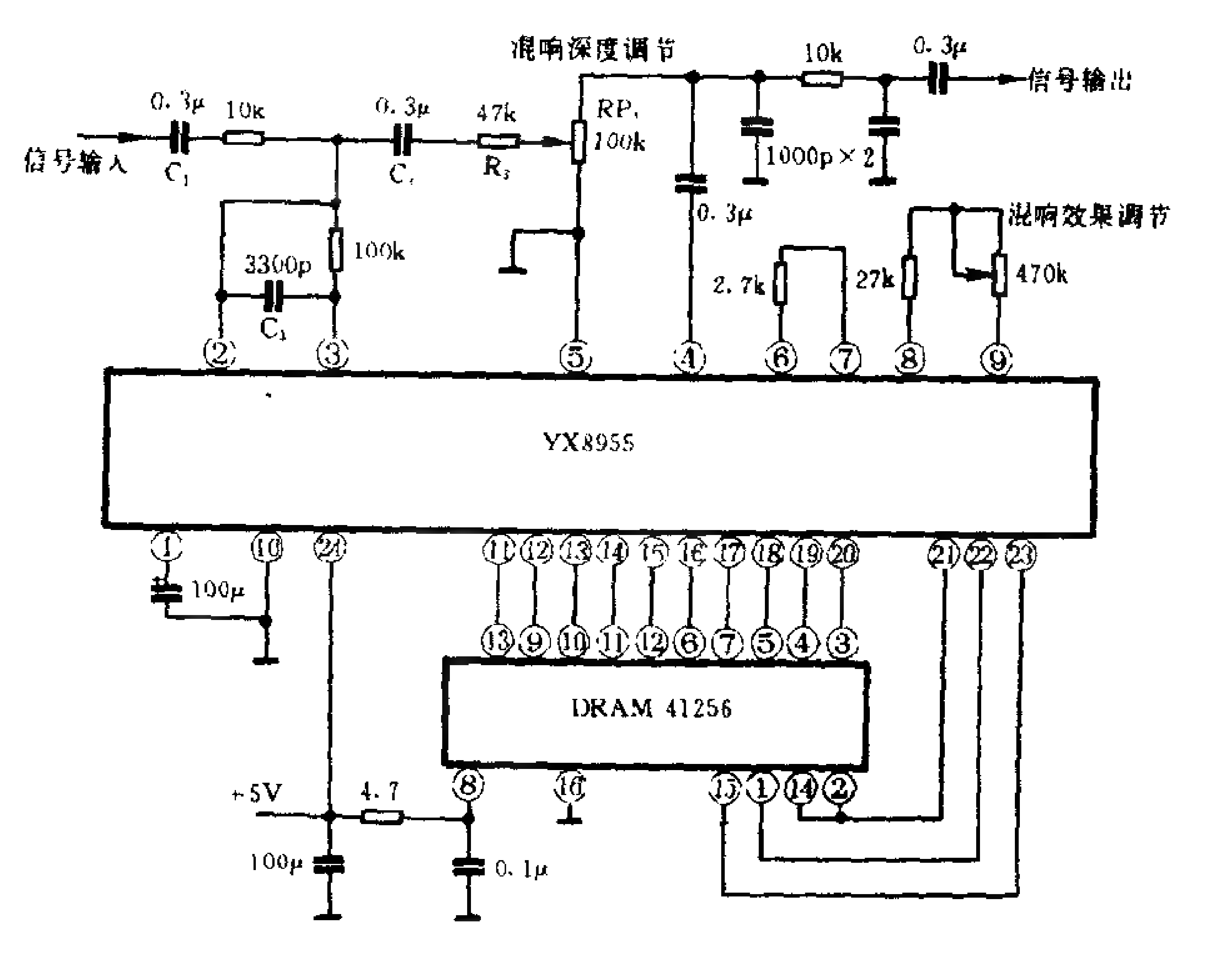


图 11－99　YX8955 应用电路

在图 11－99 中，音频信号从 YX8955②脚输入，进行 A/D 变换转换成数字信号后，存入外部存储器 DRAM41256 中。延迟一段时间后再读出数据，经 D/A 变换器转换成模拟信号后，从④脚输出，该延迟信号中的一部分经 RP1、R3 和 C2 从②脚馈入，进行再一次延迟，以获得多次混响声。

三、立体声与环绕声处理电路

本文介绍几种常用的立体声音质增强、模拟环绕声、虚拟环绕声和杜比环绕声处理集成电路及典型的应用电路。

1. TA8173AP 立体声处理集成电路

TA8173AP 是立体声扩展处理集成电路，内部由缓冲放大器、低通滤波器、减法器、加法器、延时移相网络等组成，如图 11－100 所示，其各引脚功能见表 11－41。

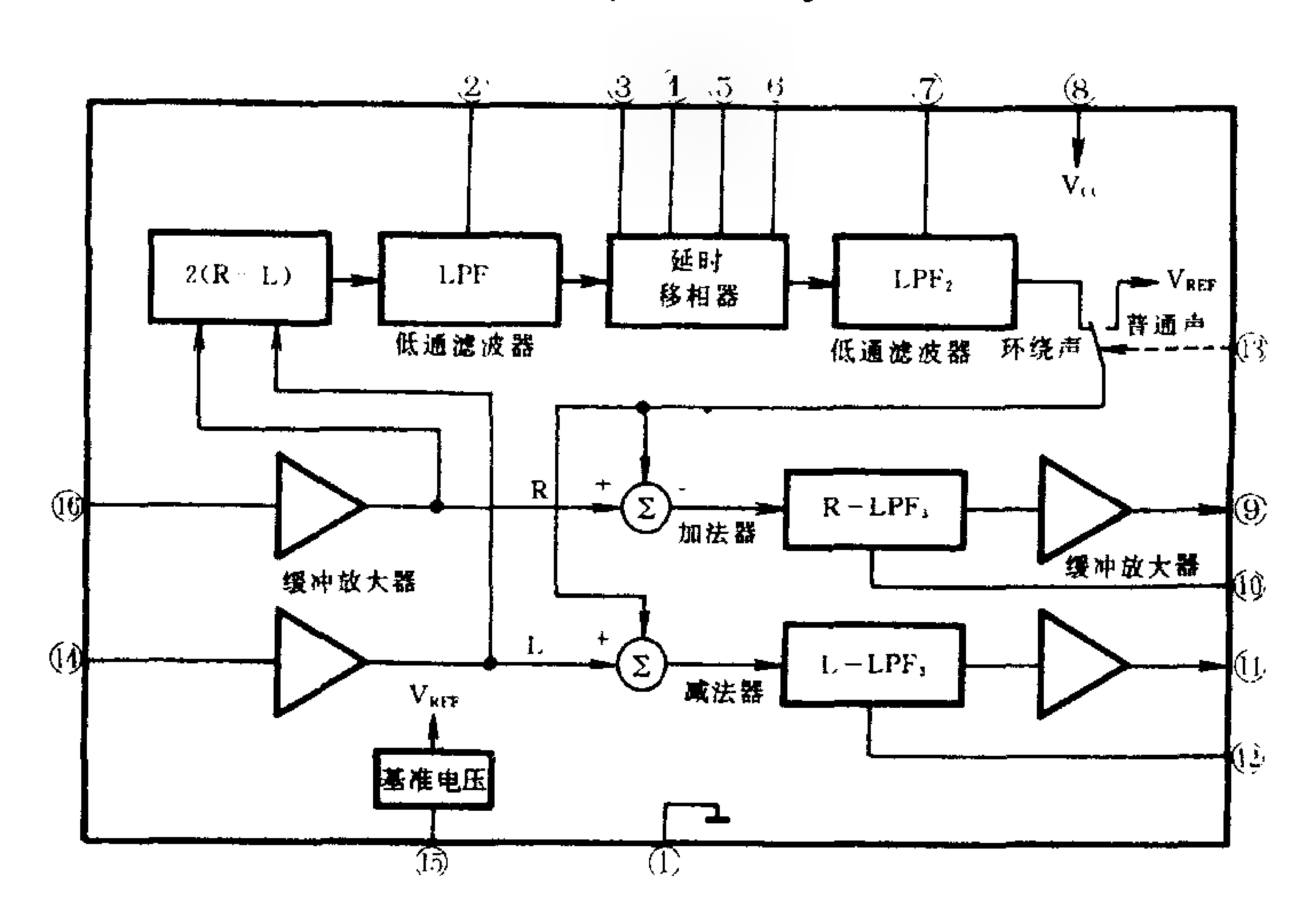


图 11－100 TA8173AP 内电路方框图

表 11-41　　　TA8173AP 各引脚功能

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	GND	接地端	⑨	R OUT	右声道复合信号输出端
②	LPFC1	外接低通滤波电容	⑩	R-LPF	外接电容
③	PS1	外接延迟及移相电容	⑪	L OUT	左声道复合信号输出端
④	PS2		⑫	L-LPF	外接电容
⑤	PS3		⑬	D/N	延时/正常转换控制端
⑥	PS4		⑭	L IN	左声道音频信号输入端
⑦	LPFC2	外接低通滤波电容	⑮	REF	基准电压端
⑧	V_{CC}	电源端	⑯	R IN	右声道音频信号输入端

左、右声道的音频信号分别从 TA8173AP 的⑭脚和⑯脚输入，经缓冲放大后，一路送入各自的加法器中；另一路先送入减法器进行 2(R-L)相减，再通过低通滤波和延时、移相等处理，最后经两声道的加法器与左、右声道信号混合后，分别从⑪脚和⑨脚输出，再通过立体声放大器推动两只音箱，来产生展宽的环绕立体声效果。TA8173AP 的应用电路如图 11-101 所示。

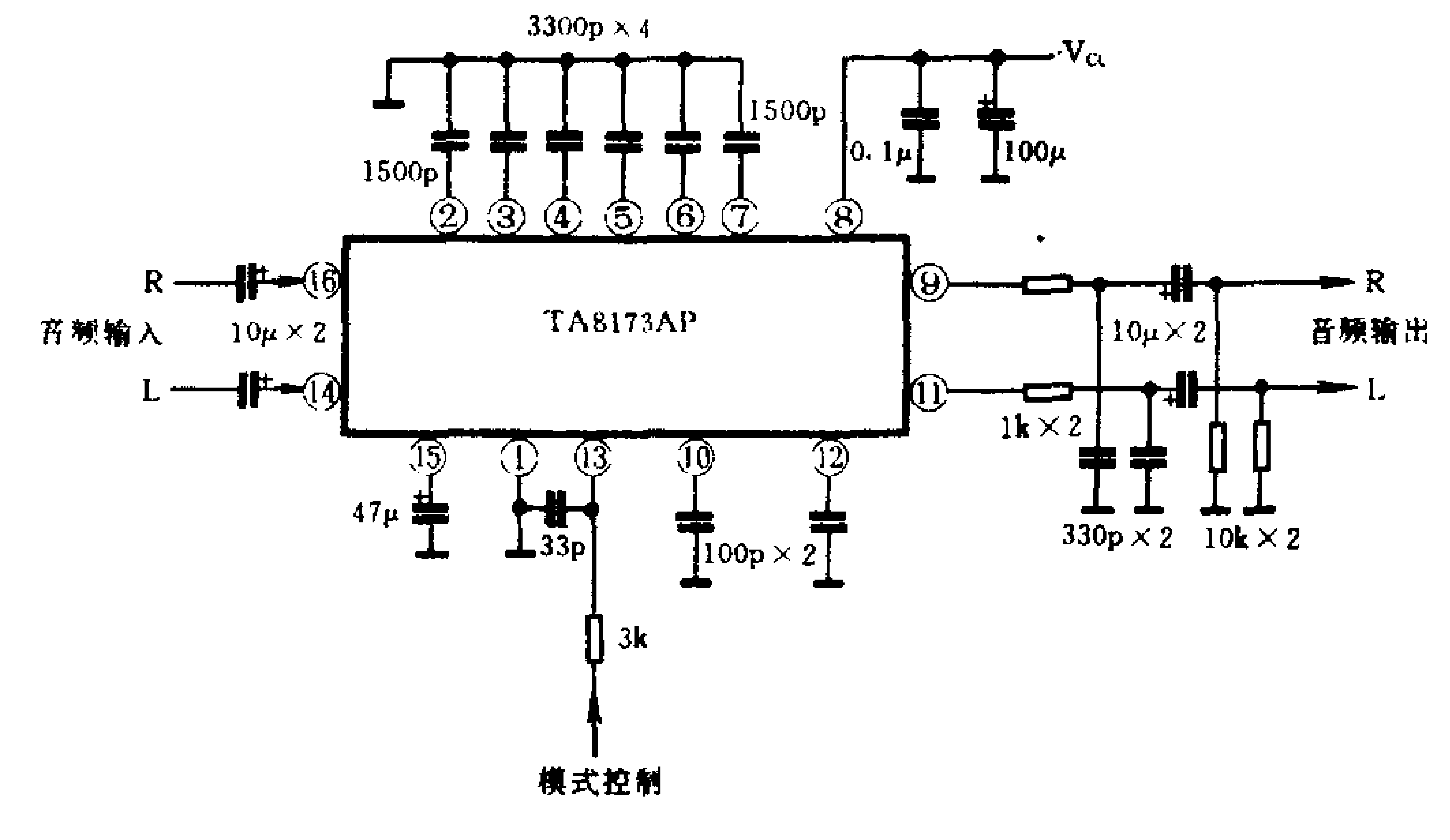


图 11-101　TA8173AP 应用电路

2. TDA8424 立体声处理集成电路

TDA8424 是飞利浦公司生产的 Hi-Fi 立体声处理集成电路。它通过 I^2C 总线采用数字化方式对输入音频信号进行 Hi-Fi 立体声处理,获得更为理想的音质效果。

TDA8424 以 2dB 为单位,分别对左、右声道在 -80dB ~ +6dB范围内进行音量控制和均衡调整;以 3dB 为单位,实现 -12dB ~ +15dB范围的低音控制;以 3dB 为单位,实现 -12dB ~ +12dB范围的高音控制;有立体声或双伴音 A/B 开关选择模式和立体声、环绕立体声和强制单声道三种声音模式。

TDA8424 内部由模式选择器、延迟电路、增益可调运算放大器、电源电路和 I^2C 总线等组成,如图 11-102 所示,其各引脚功能见表 11-42。

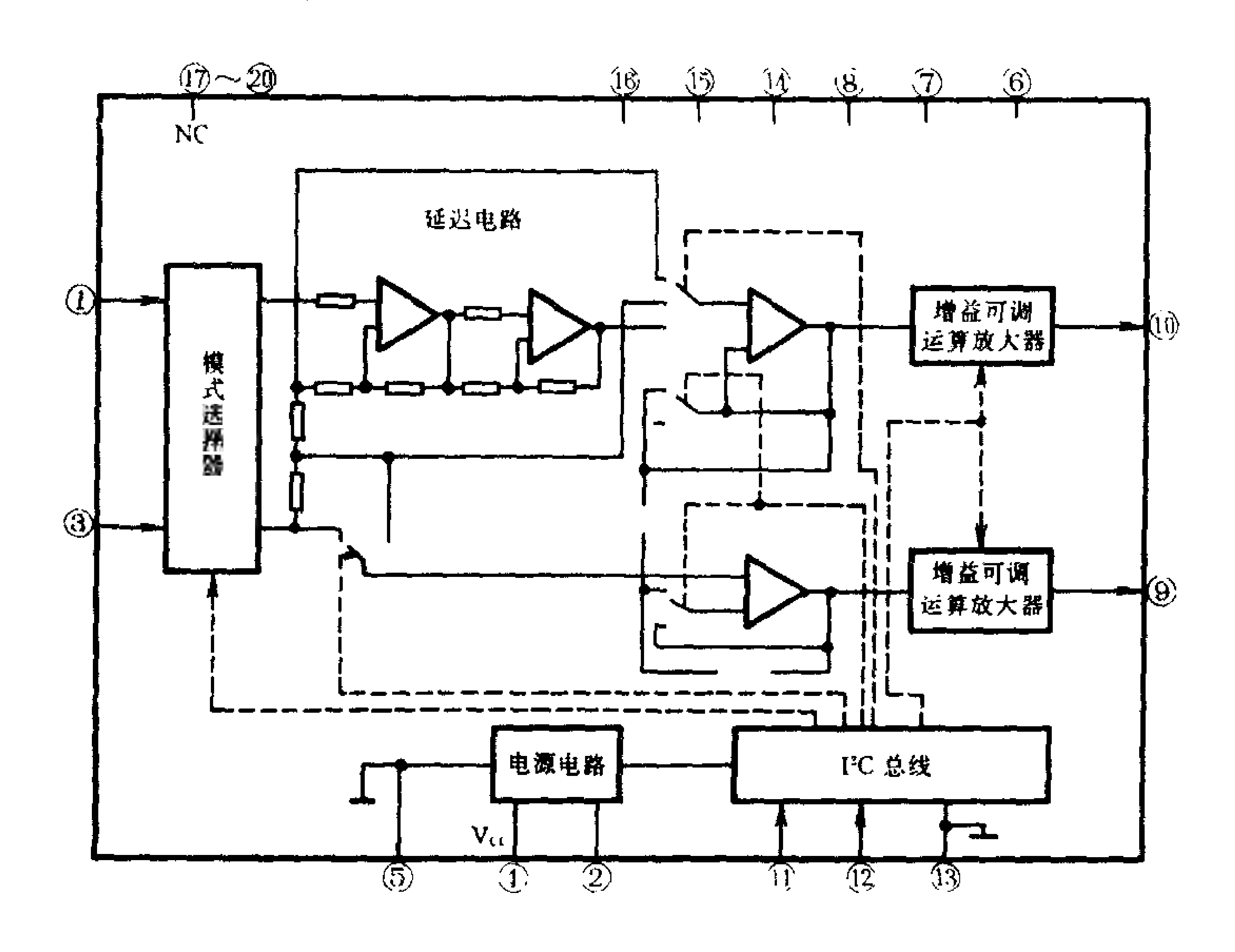


图 11-102 TDA8424 内电路方框图

表 11－42　　　　　**TDA8424 各引脚功能**

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	L IN	左声道信号输入端	⑪	SDA	串行数据线
②		外接滤波电容	⑫	SCL	串行时钟线
③	R IN	右声道信号输入端	⑬	D GND	数字接地端
④	V_{CC}	电源端	⑭		外接左声道高音电容
⑤	A GND	模拟接地端	⑮		外接左声道低音电容
⑥		外接右声道低音电容	⑯		外接左声道低音电容
⑦		外接右声道低音电容	⑰	NC	空脚
⑧		外接右声道高音电容	⑱	NC	空脚
⑨	R OUT	右声道信号输出端	⑲	NC	空脚
⑩	L OUT	左声道信号输出端	⑳	NC	空脚

TDA8424 的应用电路如图 11－103 所示。

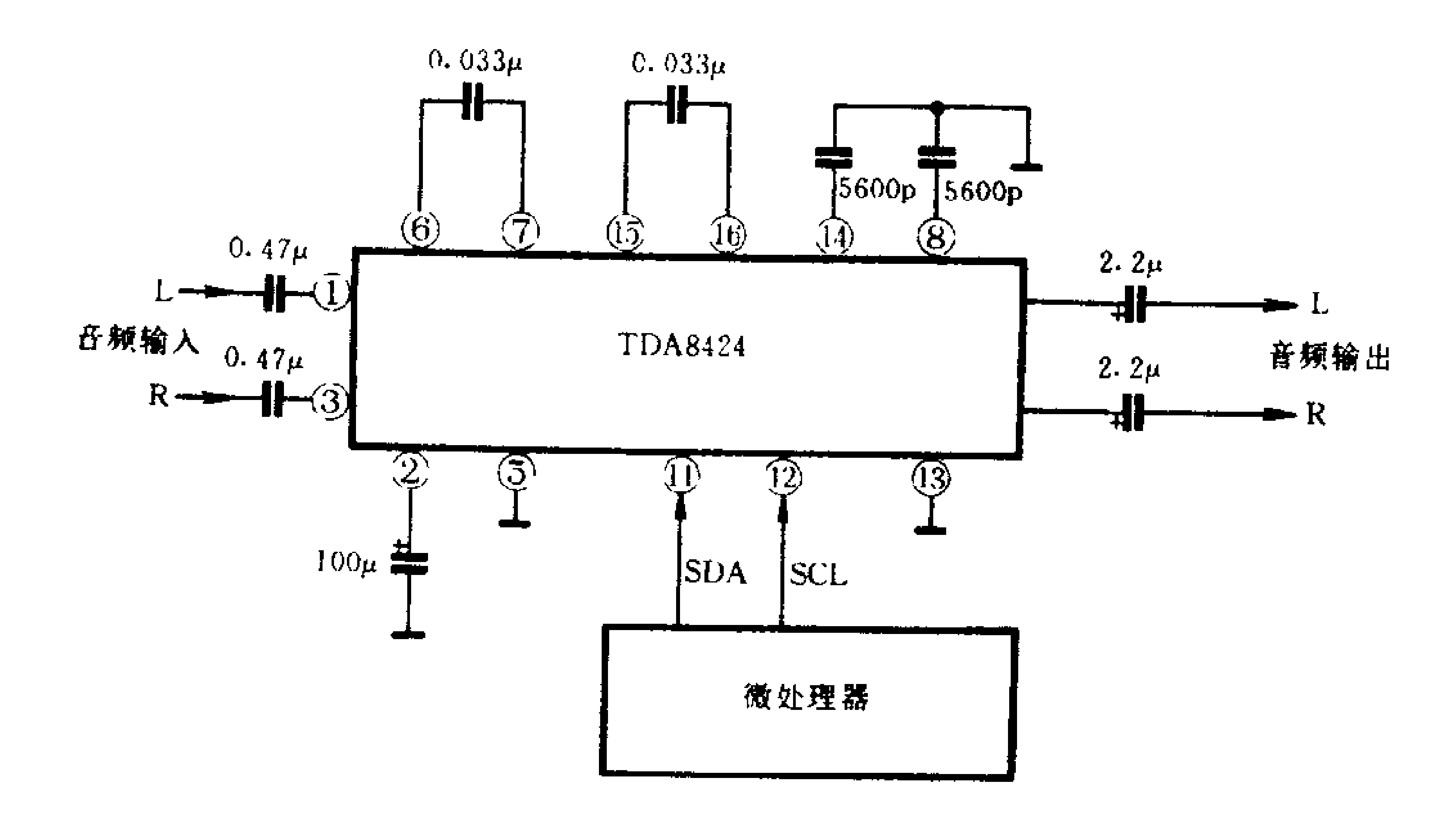


图 11－103　TDA8424 应用电路

3. μPC1891 三声道环绕声处理集成电路

μPC1891 是日本 NEC 公司的三声道模拟环绕声处理集成电路，内部由缓冲放大器、效果声检波器、移相网络、可变增益放大器、低通滤波器、复合加法器及静音电路等组成，如图 11－104 所示，其各引脚功能见表 11－43。

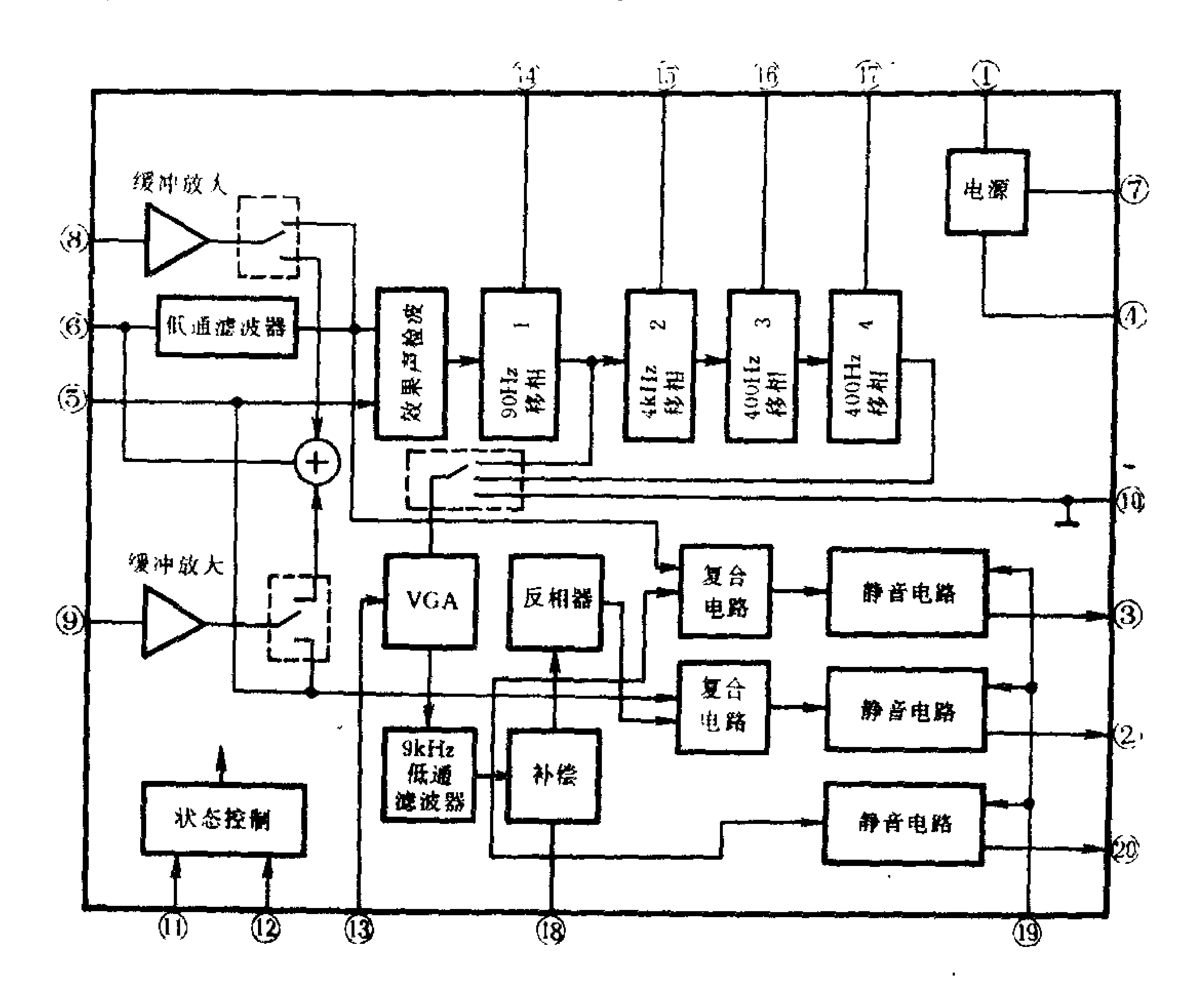


图 11－104 μPC1891 内电路方框图

μPC1891 设置有模拟立体声、音乐厅和电影院三种音效模式，可将双声道立体声或单声道的音源分离成前置左、右和后置环绕三声道信号输出；内设静音电路，便于遥控；工作电源为＋12V，控制部分使用＋5V 电源。

音效模式由 μPC1891⑪脚和⑫脚的环绕声状态控制端电平的高低来控制，表 11－44 是各种音效状态的电平设置。图 11－

105 和图 11－106 是 μPC1891 的应用电路。

表 11－43　　　　μPC1891 各引脚功能

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	V_{CC}	电源端	⑪	MS1	音效模式设定端
②	R OUT	右声道复合信号输出端	⑫	MS2	
③	L OUT	左声道复合信号输出端	⑬	VGA	效果调节端
④	IRFV	基准电压	⑭	C1	外接移相电容
⑤	EIN	滤波信号输入端	⑮	C2	
⑥	LPF OUT	滤波器输出端	⑯	C3	
⑦	VS	外接滤波电容	⑰	C4	
⑧	L IN	左声道输入端	⑱	OFC	外接补偿电容
⑨	R IN	右声道输入端	⑲	MUTE	静音控制端
⑩	GND	接地端	⑳	S OUT	环绕声道输出端

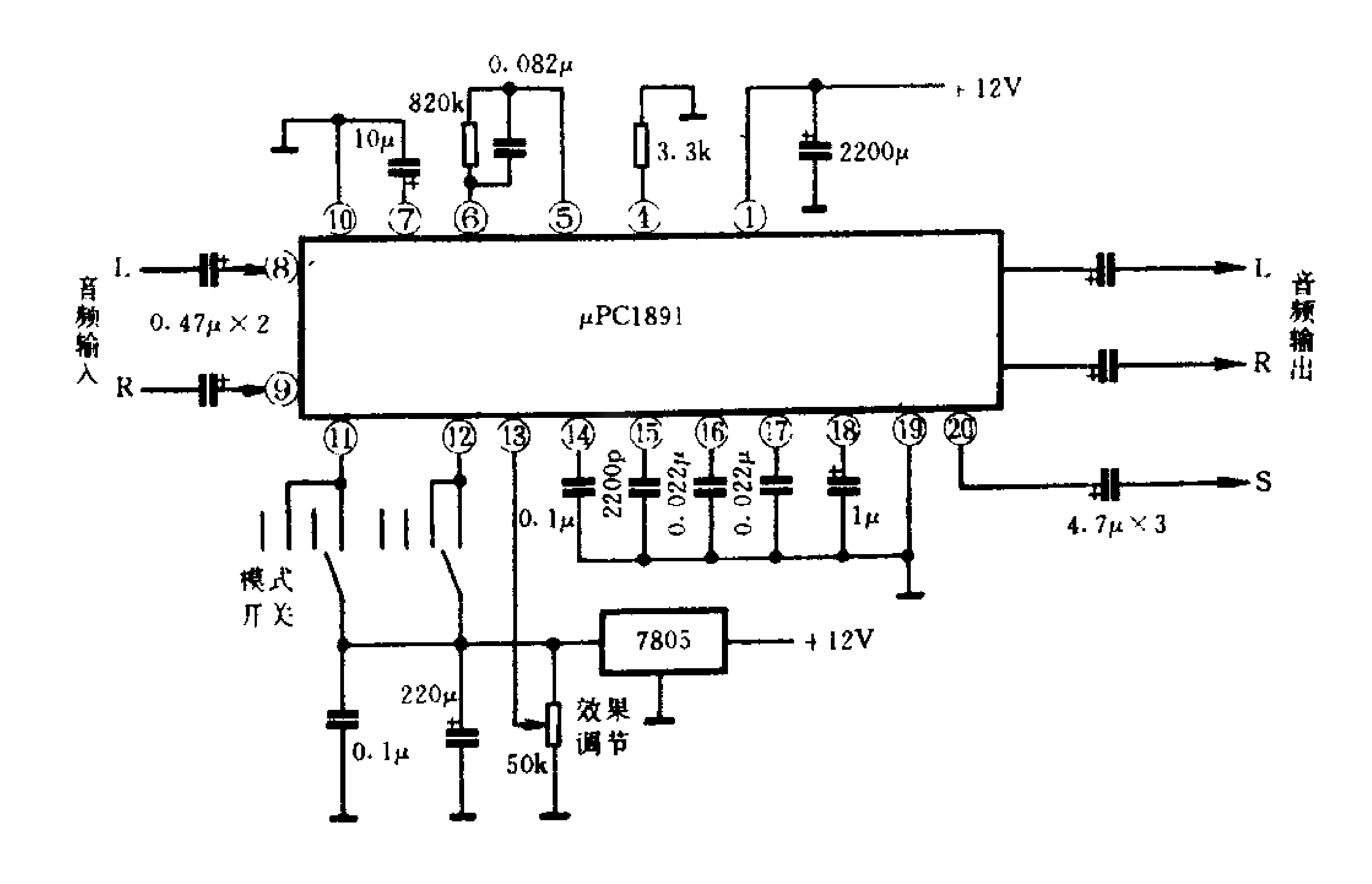


图 11－105　μPC1891 应用电路之一

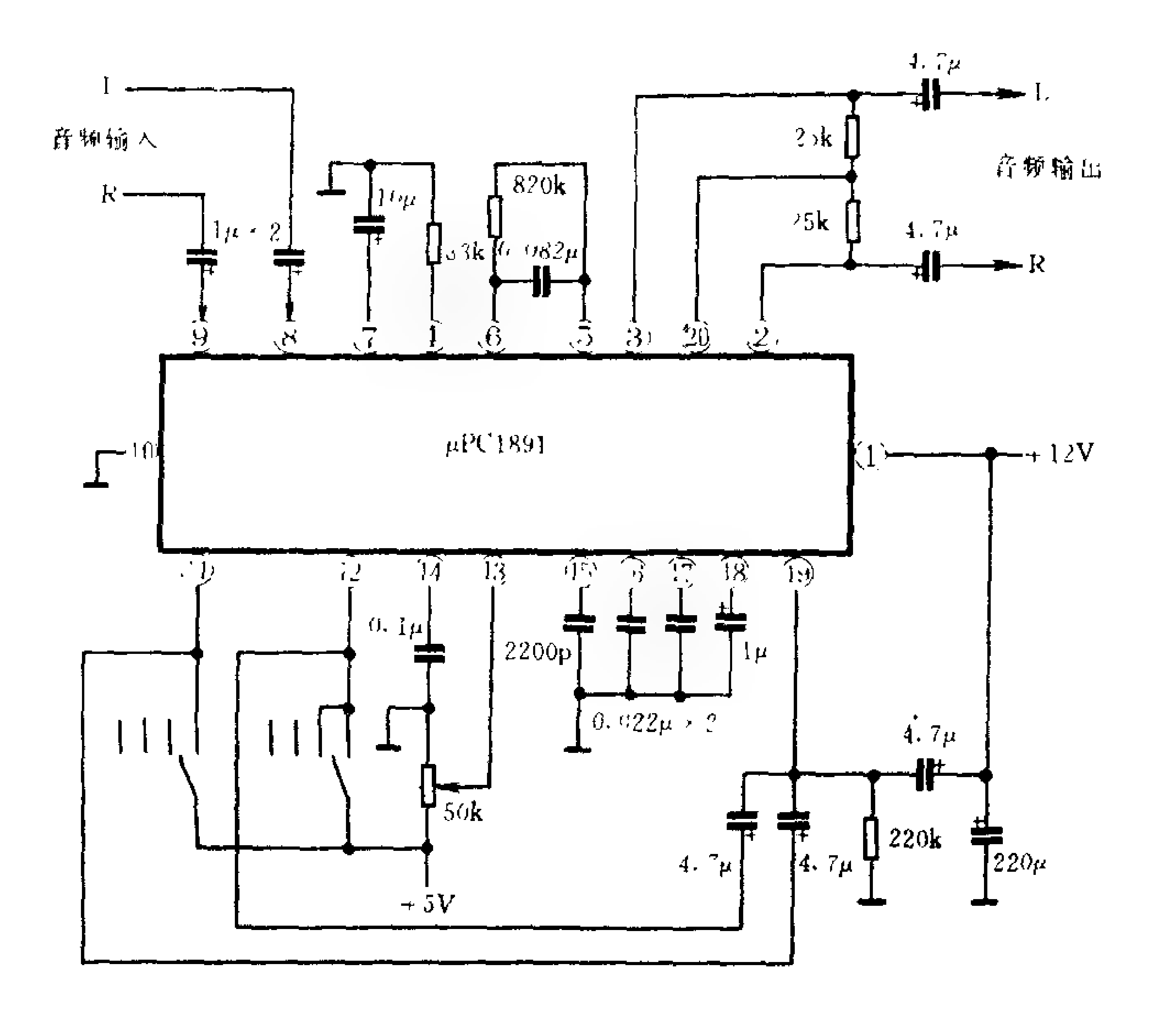


图 11－106　μPC1891 应用电路之二

表 11－44　　μPC1891 的音效模式控制状态

工作模式	⑪脚	⑫脚
关	L	L
音乐厅效果	H	L
电影院效果	L	H
模拟立体声	H	H

注：L 为低电平，H 为高电平。

4. μPC1892 四声道环绕声处理集成电路

μPC1892 是日本 NEC 公司推出的一款模拟四声道环绕声处理集成电路，采用矩阵式移相环绕声处理技术，内部由放大器、低通滤波器、模式控制、移相、效果处理、补偿吸收、音调、音量、平衡等控制电路组成，如图 11－107 所示，其各引脚功能见表 11－45。

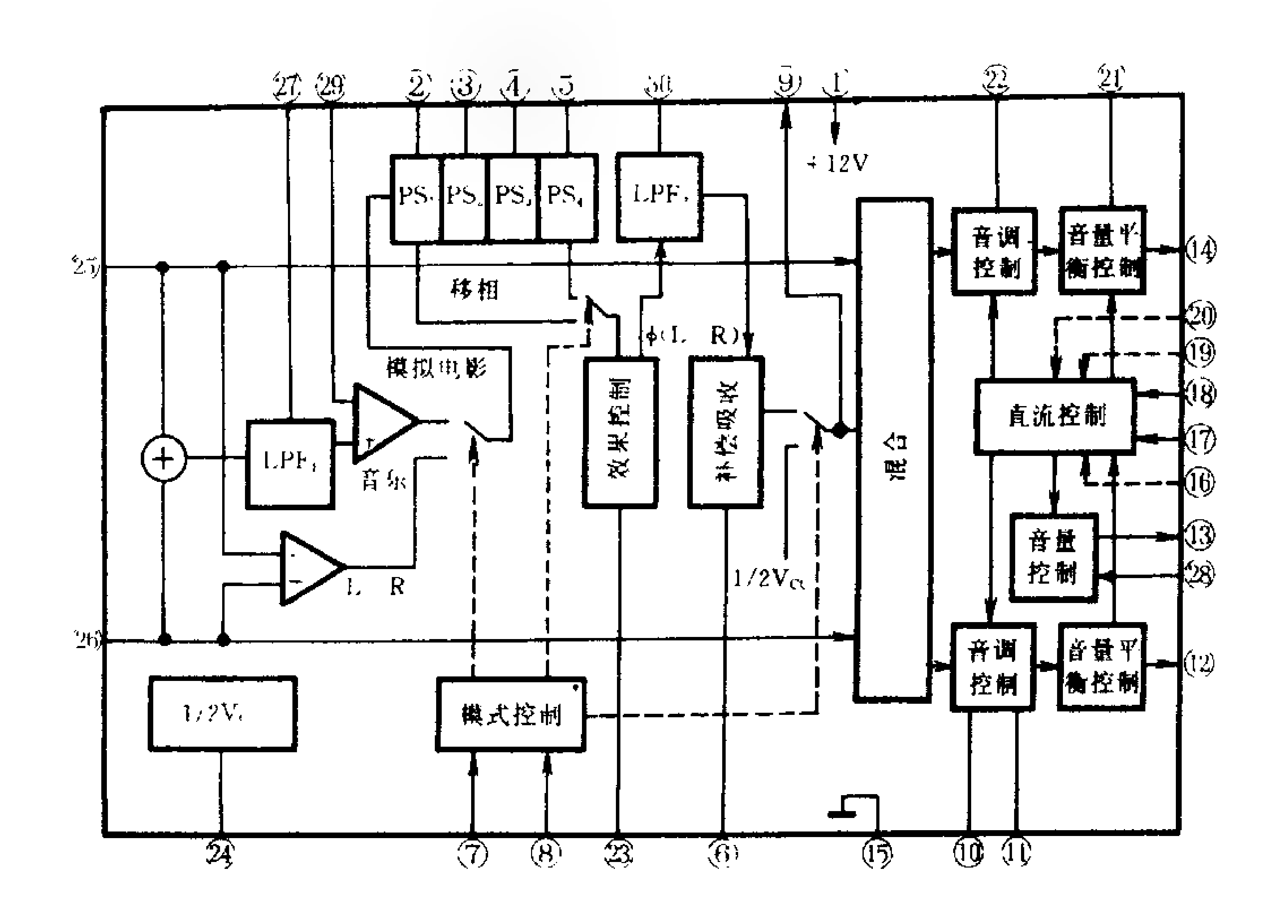


图 11－107 μPC1892 内电路方框图

表 11－45 μPC1892 各引脚功能

引脚	功能	引脚	功能
①	电源端(＋12V)	⑯	高音控制端
②	内接移相电路,外接电容	⑰	低音控制端
③		⑱	环绕声道音量控制端
④		⑲	左、右声道音量控制端
⑤		⑳	输出平衡控制端
⑥	外接补偿吸收电容	㉑	内接音量平衡电路,外接电容
⑦	工作模式控制端	㉒	内接音调电路,外接电容
⑧		㉓	音乐效果控制端
⑨	环绕声道输出端	㉔	内接 $1/2V_{CC}$,外接电容
⑩	外接高音电容	㉕	左声道输入端
⑪		㉖	右声道输入端
⑫	右声道输出端	㉗	内接低通滤波器,外接电容
⑬	中置声道输出端	㉘	内接音量控制电路,外接电容
⑭	左声道输出端	㉙	放大器反相输入端
⑮	接地端	㉚	内接低通滤波器,外接电容

μPC1892 设置有音乐厅、电影院和模拟立体声三种音场模式，可将双声道或单声道的音源分离出四路(前置左、右声道、中置声道和后置环绕声道)信号输出；内部设有环绕声效果控制、平衡、高低音及音量等控制，使电路的杂音减少到极低限度；工作电源为 +12V，控制部分使用 +5V 电源。

音效模式由 μPC1892⑦脚与⑧脚的高低电平编程控制，四种功能见表 11－46。

表 11－46　μPC1892 的音效模式的电平控制状态

工作模式	⑦脚	⑧脚
关	L	L
音乐厅效果	H	H
电影院效果	L	H
模拟立体声	H	L

注：L 为低电平，H 为高电平。

μPC1892 的应用电路见图 11－108 和图 11－109。

5. CXA1735S 环绕声处理集成电路

CXA1735S 是日本索尼公司运用 I^2C 总线控制的全方位环绕声处理芯片，采用 30 脚双列直插式塑封结构，其内部由 I^2C 总线控制接口、D/A 转换器、AGC、HPF 高通滤波器、相位转换器、LPF 低通滤波器、音量平衡等电路组成，如图 11－110 所示，各引脚功能见表 11－47。

CXA1735S 能完成模拟环绕声处理功能，具有音乐厅和大型影剧院效果选择功能；I^2C 总线接口音频处理，包括左右声道音频信号均衡调节、音量调节、低音调节、高音调节和环绕声效果调节等；音频自动增益控制功能；内置 VRS 基准电压发生器。

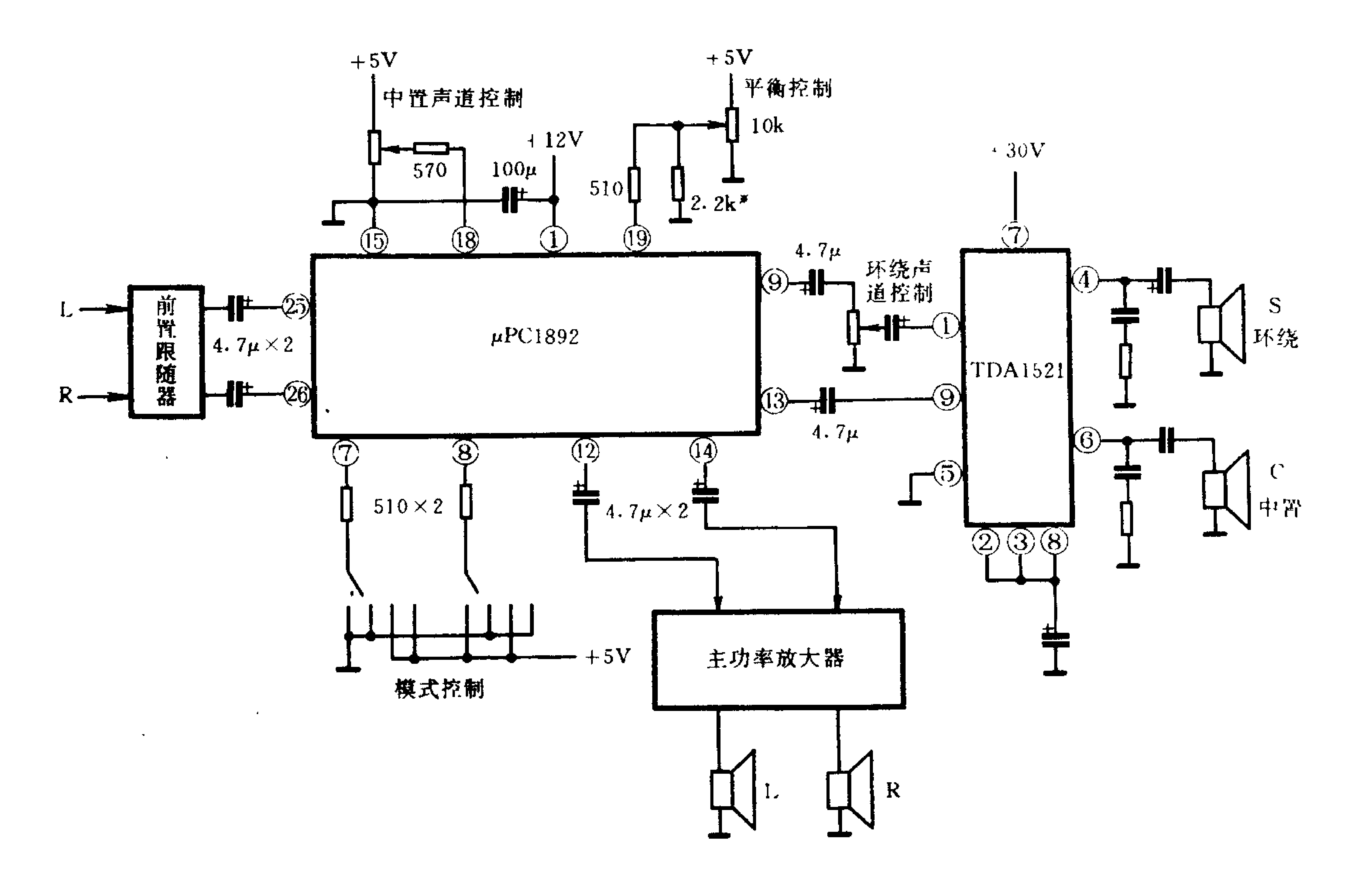


图 11-108 μPC1892 应用电路之一

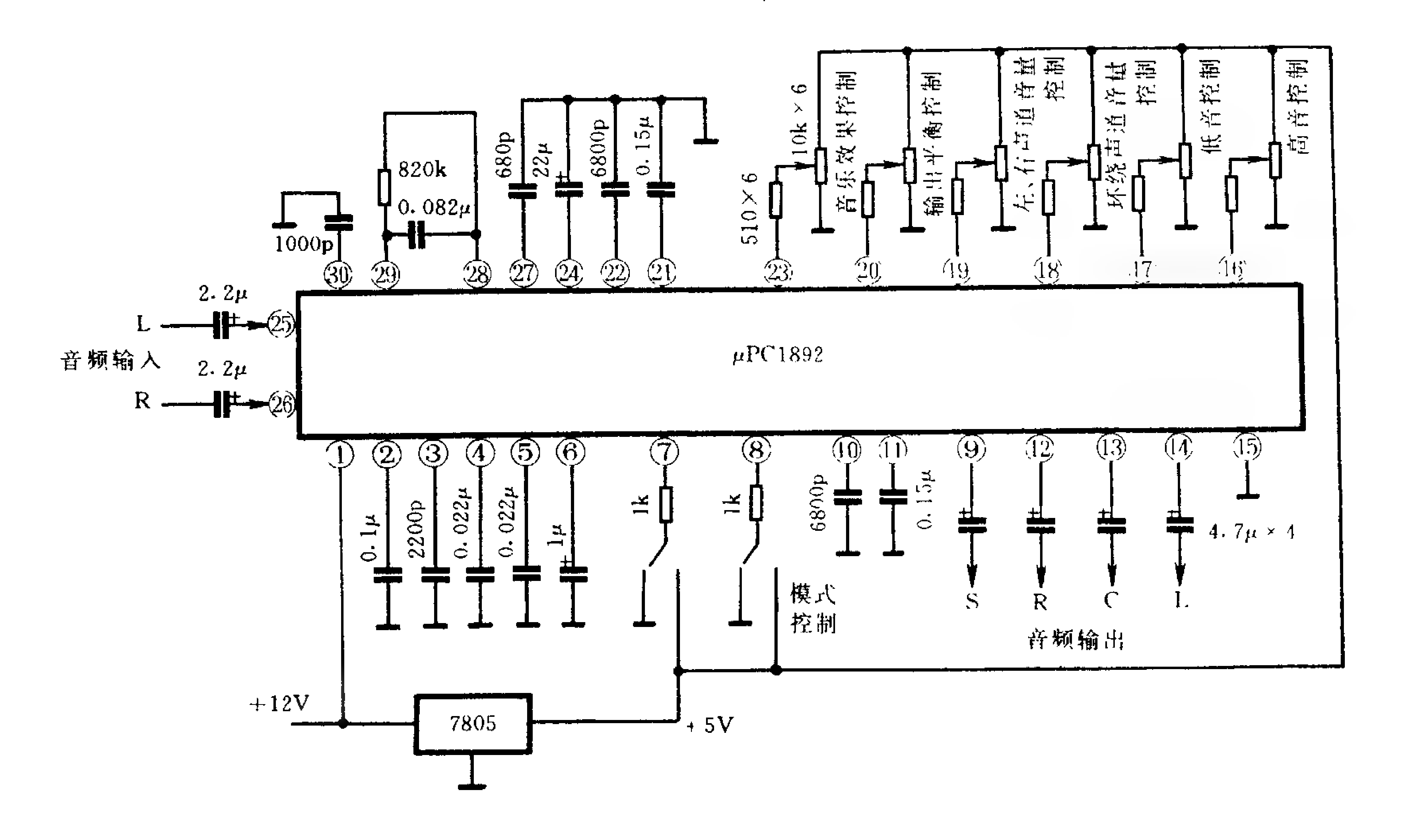


图 11-109 μPC1892 应用电路之二

图 11-110　CXA1735S 内电路方框图

表 11－47　CXA1735S 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	R IN	右声道音频信号输入端	⑯	PS2A	相位转换器外接电容
②	GND	接地端	⑰	PS1B	
③	CL-R	低通滤波器外接电容	⑱	PS3A	
④	CH-R	高通滤波器外接电容	⑲	PS3B	
⑤	BALANCE	供均衡控制 DAC 的低通滤波器外接电容	⑳	AGC	AGC 检波和 AGC 控制端
⑥	TREBLE	供低音控制 DAC 的低通滤波器外接电容	㉑	L-OUT	L+ϕ(R-L)环绕声信号输出端
⑦	BASS	供高音控制 DAC 的低通滤波器外接电容	㉒	(R-L)	(R-L)音频信号输出端
⑧	VOLUME	供音量控制 DAC 的低通滤波器外接电容	㉓	LPF	低通滤波器外接电容
⑨	(L+R)	(L+R)音频信号输出端	㉔	MVF1	环绕声电路外接电容
			㉕	MVF2	
⑩	R-OUT	R-ϕ(R-L)环绕声信号输出端	㉖	VRS	基准电压输出端
⑪	PS1A	相位转换器外接电容	㉗	CH-L	高通滤波器外接电容
⑫	PS2B				
⑬	GND	接地端	㉘	CL-L	低通滤波器外接电容
⑭	SCL	I^2C 总线接口的串行时钟输入端	㉙	V_{CC}	电源端(＋12V)
⑮	SDA	I^2C 总线接口的串行数据输入端	㉚	L IN	左声道音频信号输入端

CXA1735S 的应用电路如图 11－111 所示。

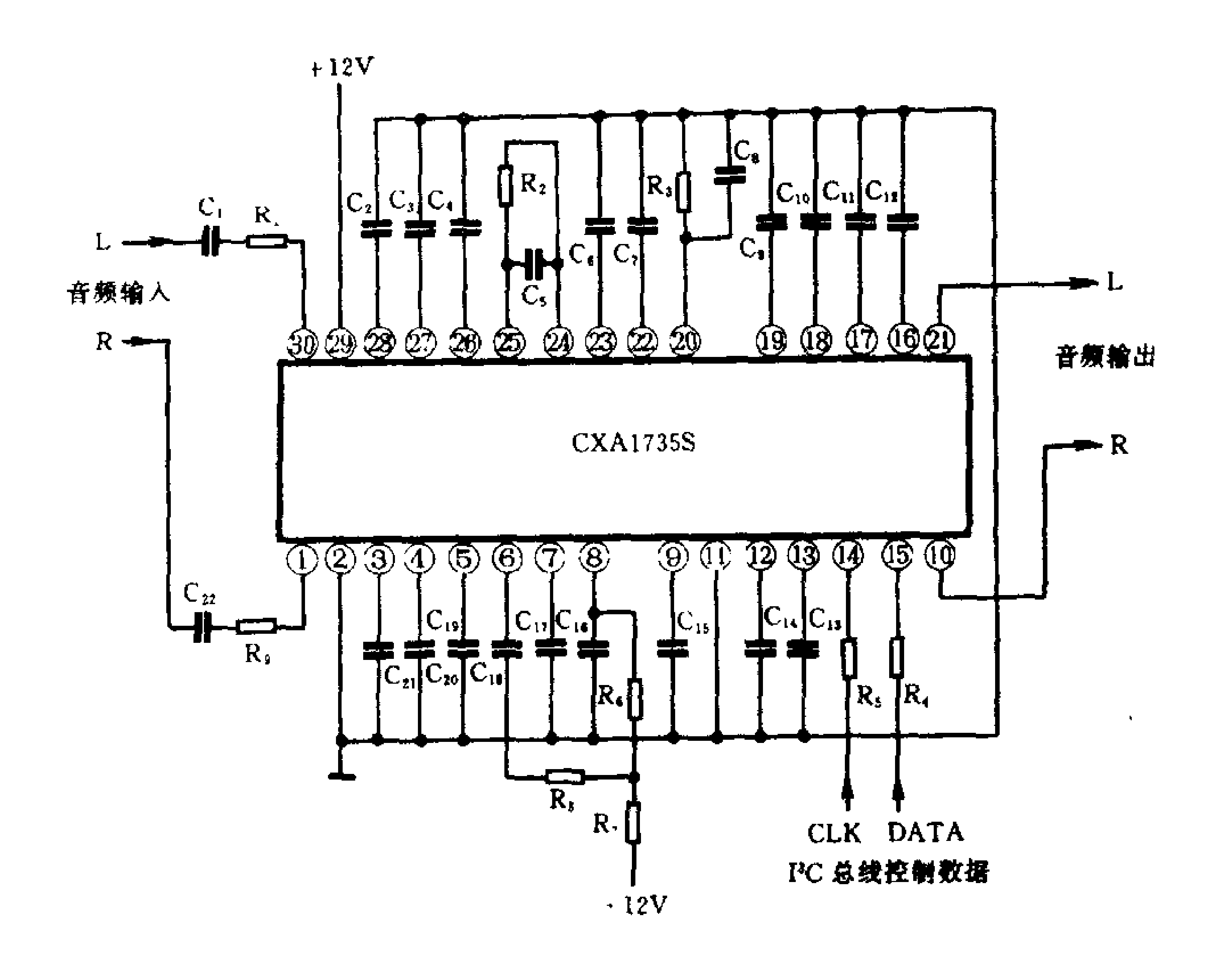


图 11－111　CXA1735S 应用电路

6. M65846P 模拟环绕声场处理集成电路

M65846P 是日本三菱公司生产的模拟环绕声场处理芯片，内部由逻辑控制、16K 静态存储器（SRAM）、A/D 变换器、D/A 变换器、低通滤波器和各种控制开关等组成，如图 11－112 所示，其各引脚功能见表 11－48。

M65846P 设有容易模式和微机模式。容易模式预置有迪斯科、音乐厅、实况演奏和混响操作四种音效；而微机模式可随意控制组合，可在 12.3ms～131.1ms 之间产生 7 种延时信号，在 +3dB～－∞之间设置 8 步音量变化，输入相位选择可选择 L+R 信号或 L－R 信号，输出相位选择可控制左声道相位的正负。其工作电压为 4.5V～5.5V（典型值为 +5V），静态电流为 100mA，时钟频率 4MHz，输出增益 0dB～3dB。

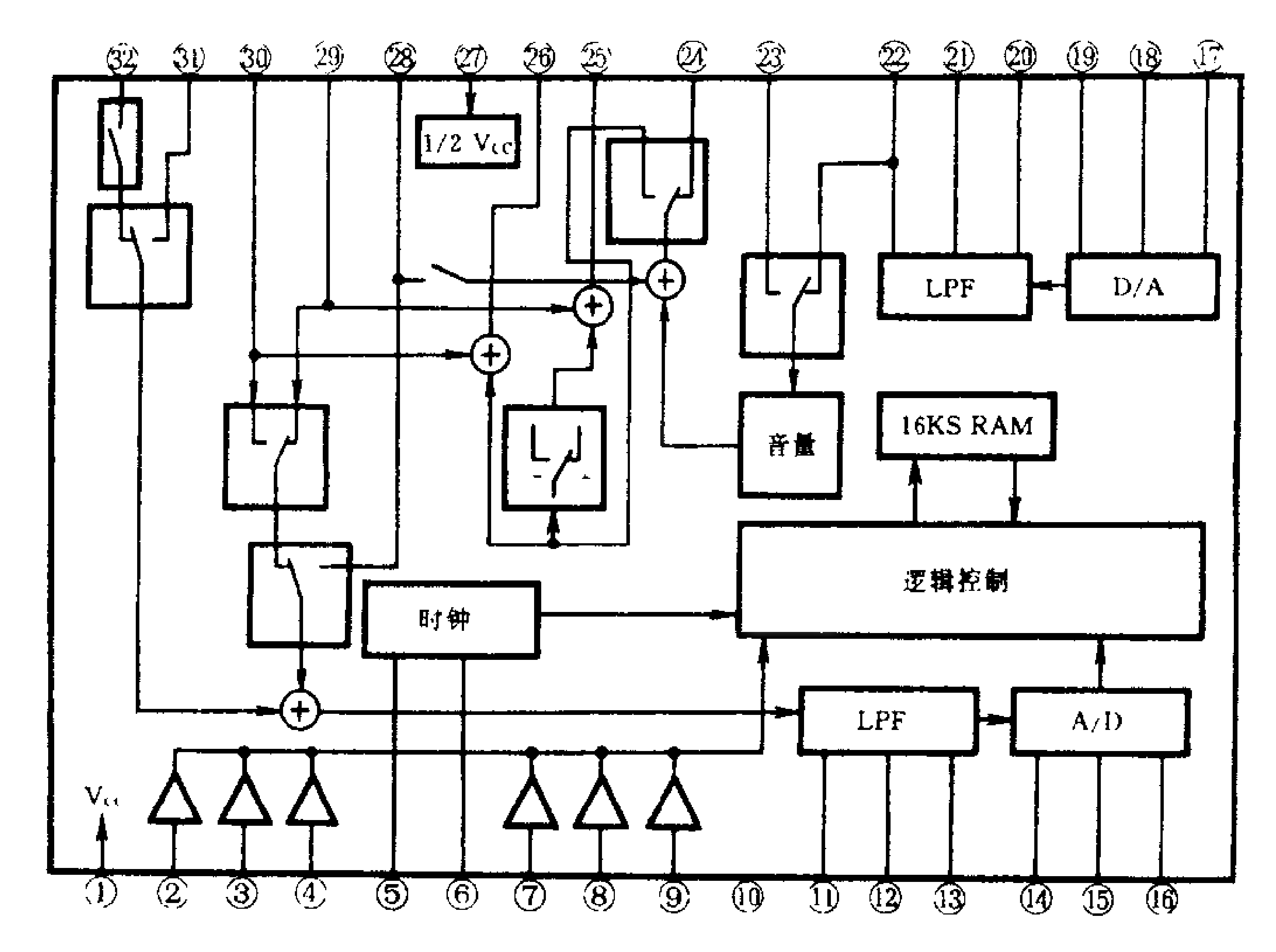


图 11-112　M65846P 内电路方框图

表 11-48　　　　　M65846P 各引脚功能

引脚	符　号	功　　能	引脚	符　号	功　　能
①	V_{CC}	电源端	⑨	CONT2/TEST	控制端 2/测试端
②	MODE1/ST	模式控制端 1/复位控制端	⑩	GND	接地端
③	MODE2/CK	模式控制端 2/时钟输入端	⑪	LPF1 IN1	低通滤波器 1 输入端 1
④	CONT1/DA	控制端 1/串行数据输入端	⑫	LPF1 IN2	低通滤波器 1 输入端 2
⑤	X OUT	振荡器输出端	⑬	LPF1 OUT	低通滤波器 1 输出端
⑥	X IN	振荡器输入端	⑭	AD INT IN	A/D 变换器输入端
⑦	EASY/MICROCOMPUTER	容易/微机模式控制端	⑮	AD INT OUT	A/D 变换器输出端
			⑯	AD CONT	A/D 变换器控制端
⑧	DELAYOFF SW	延迟开关控制端	⑰	DA CONT	D/A 变换器控制端

续表

引脚	符　号	功　　能	引脚	符　号	功　　能
⑱	DA INT IN	D/A 变换器输入端	㉕	Rch OUT	右声道输出端
⑲	DA INT OUT	D/A 变换器输出端	㉖	Lch OUT	左声道输出端
⑳	LPF2 IN1	低通滤波器 2 输入端 1	㉗	REF	基准电压端
㉑	LPF2 IN2	低通滤波器 2 输入端 2	㉘	MIC IN	话筒信号输入端
			㉙	Rch IN	右声道输入端
㉒	LPF2 OUT	低通滤波器 2 输出端	㉚	Lch IN	左声道输入端
㉓	VOL IN	音量选择开关控制端	㉛	FBIN EC	环绕声模式选择端
㉔	DSIG OUT	延迟信号输出端	㉜	FBIN SU	

M65846P 的应用电路如图 11－113 所示。

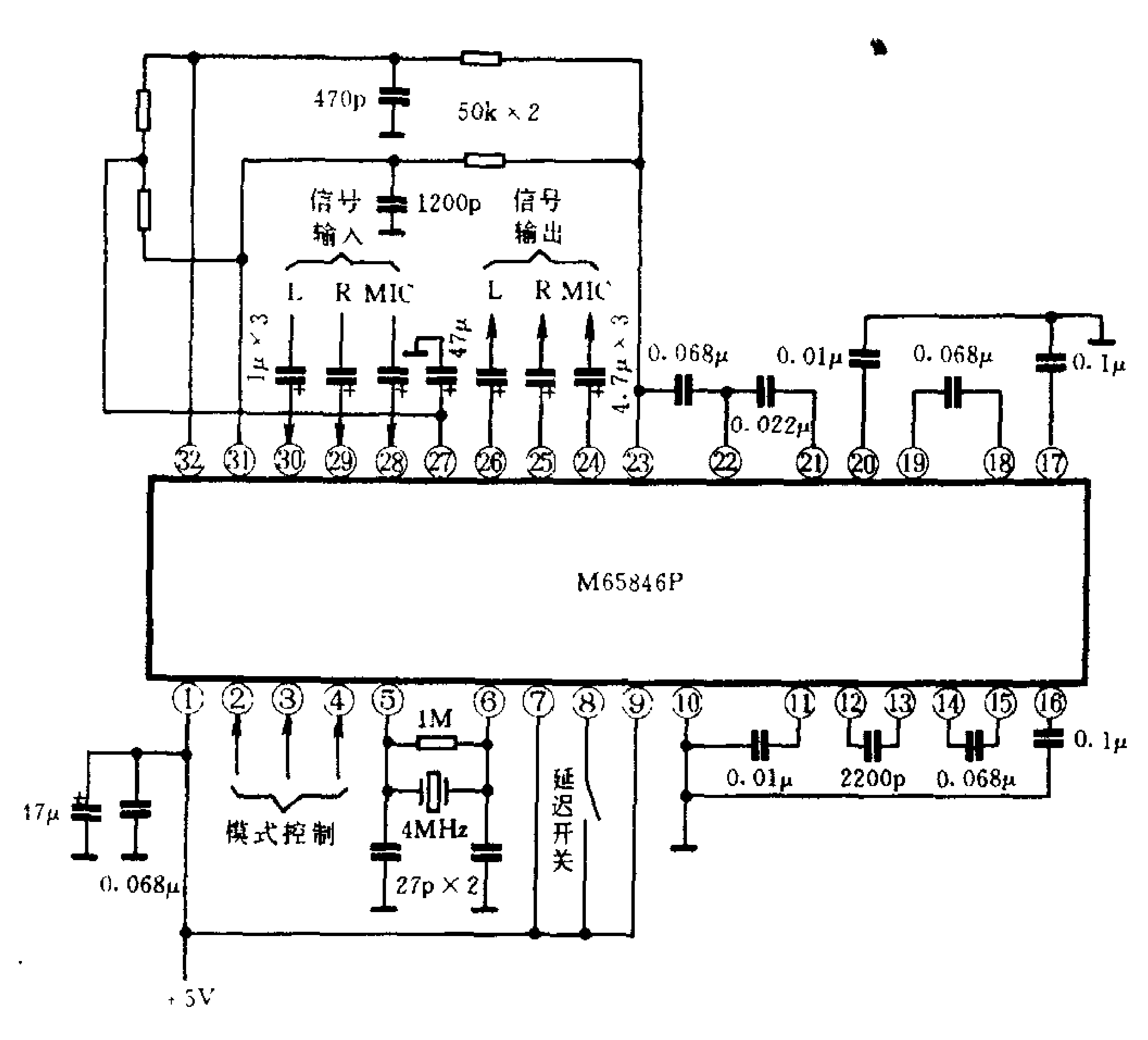


图 11－113　M65846P 应用电路

7. NJM2150 BBE 音质增强处理集成电路

NJM2150 是日本 JRC(无线)公司生产的 BBE 音质增强处理集成电路,内部由移相/延迟电路、模式控制、缓冲放大器等组成,如图 11－114 所示,其各引脚功能见表 11－49。

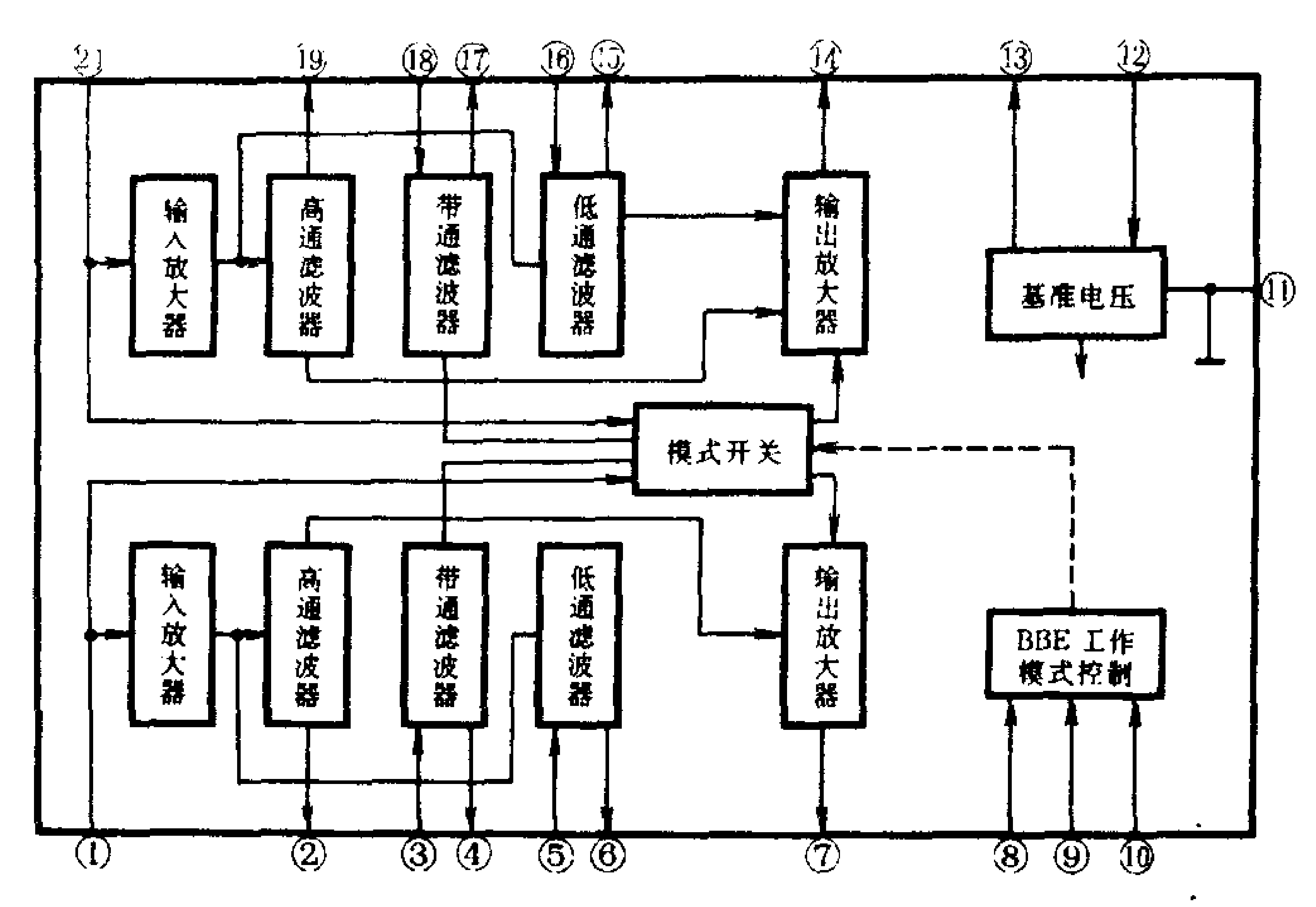


图 11－114　NJM2150 内电路方框图

表 11－49　　　NJM2150 各引脚功能

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	L IN	左声道音频输入端	⑪	GND	接地端
②	HPFL	高通滤波器输出端	⑫	V_{CC}	电源端
③	CR1L	带通滤波器输入端	⑬	V_{REF}	基准电压输出端
④	BPFL	带通滤波器输出端	⑭	R OUT	右声道音频输出端
⑤	CR2L	低通滤波器输入端	⑮	LPFR	低通滤波器输出端
⑥	LPF2	低通滤波器输出端	⑯	CR2R	低通滤波器输入端
⑦	L OUT	左声道音频输出端	⑰	BPFR	带通滤波器输出端
⑧	S1	BBE 模式控制端	⑱	CR1R	带通滤波器输入端
⑨	S2	LO CONTOUR 模式控制端	⑲	HPFR	高通滤波器输出端
⑩	S3	PROCESS 模式控制端	⑳	RIN	右声道音频输入端

NJM2150 与其它 BBE 处理芯片一样,也是针对传输过程中

被延时和减少了的谐波分量，对其相位和谐波电平进行校正和提升，从而提高音质，改善语音的清晰度，赋于音乐信号更自然、更逼真的还原能力。

NJM2150的工作电压为+9V，内部有BBE/LO CONTOUR/PROCESS三种工作模式，受⑧脚～⑩脚的电平控制，控制状态见表11－50。图11－115是其应用电路。

表11－50　工作模式控制状态

工作模式	引脚	控制电压	状　　态
BBE	⑩	H	BBE开
		L	直通（此时LO CONTOUR和PROCESS失效）
LO CONTOUR	⑨	H	+9dB
		L	+6dB
PROCESS	⑧	H	+9dB
		L	+6dB

注：L为低电平，H为高电平。

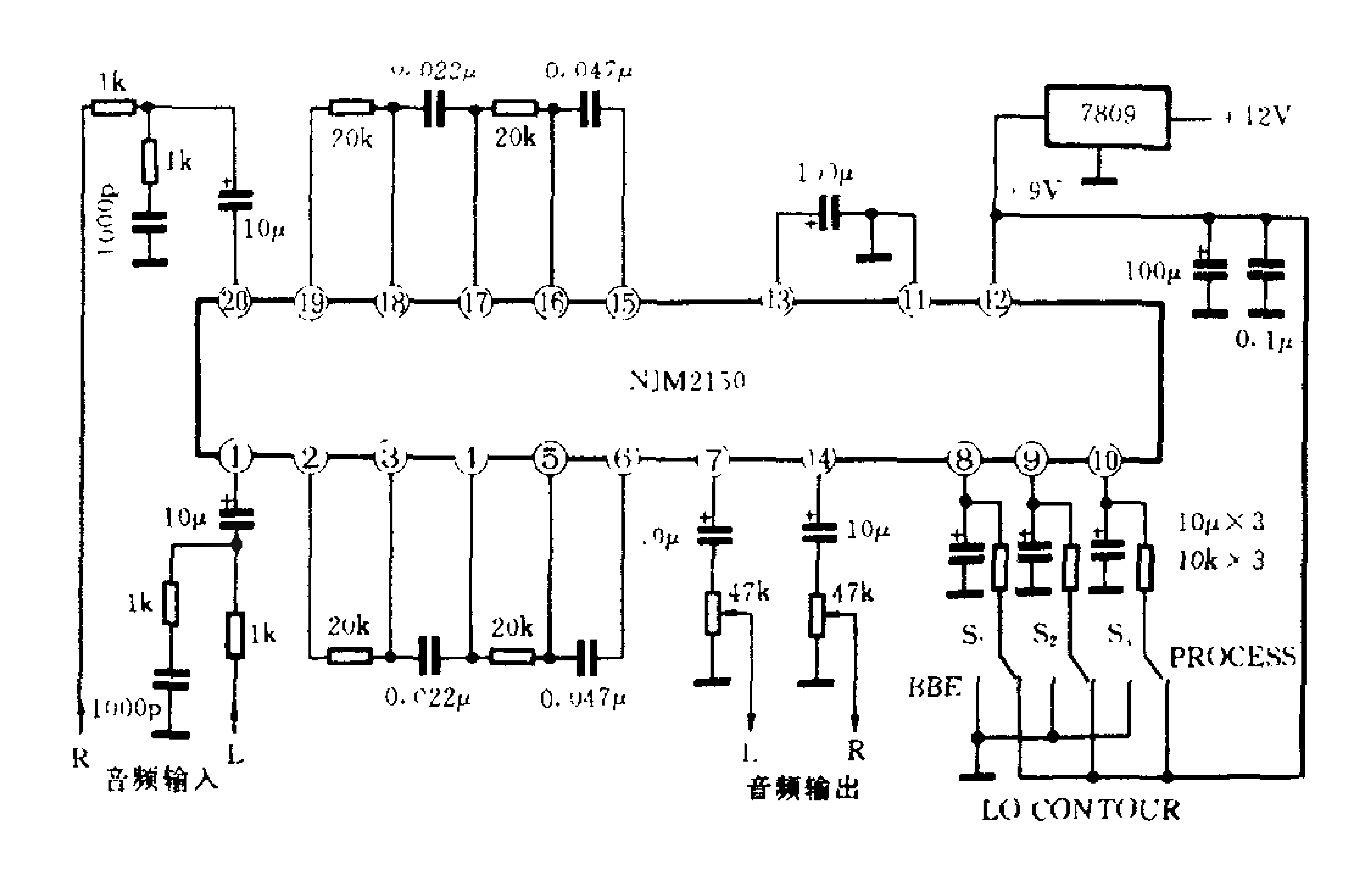


图11－115　NJM2150应用电路

8．NJM2152 BBE音质增强处理集成电路

NJM2152是日本无线（JRC）公司推出的高保真BBE音质增

强处理集成电路，内部由滤波器、缓冲放大器和控制电路等组成，如图 11－116 所示，其各引脚功能见表 11－51。

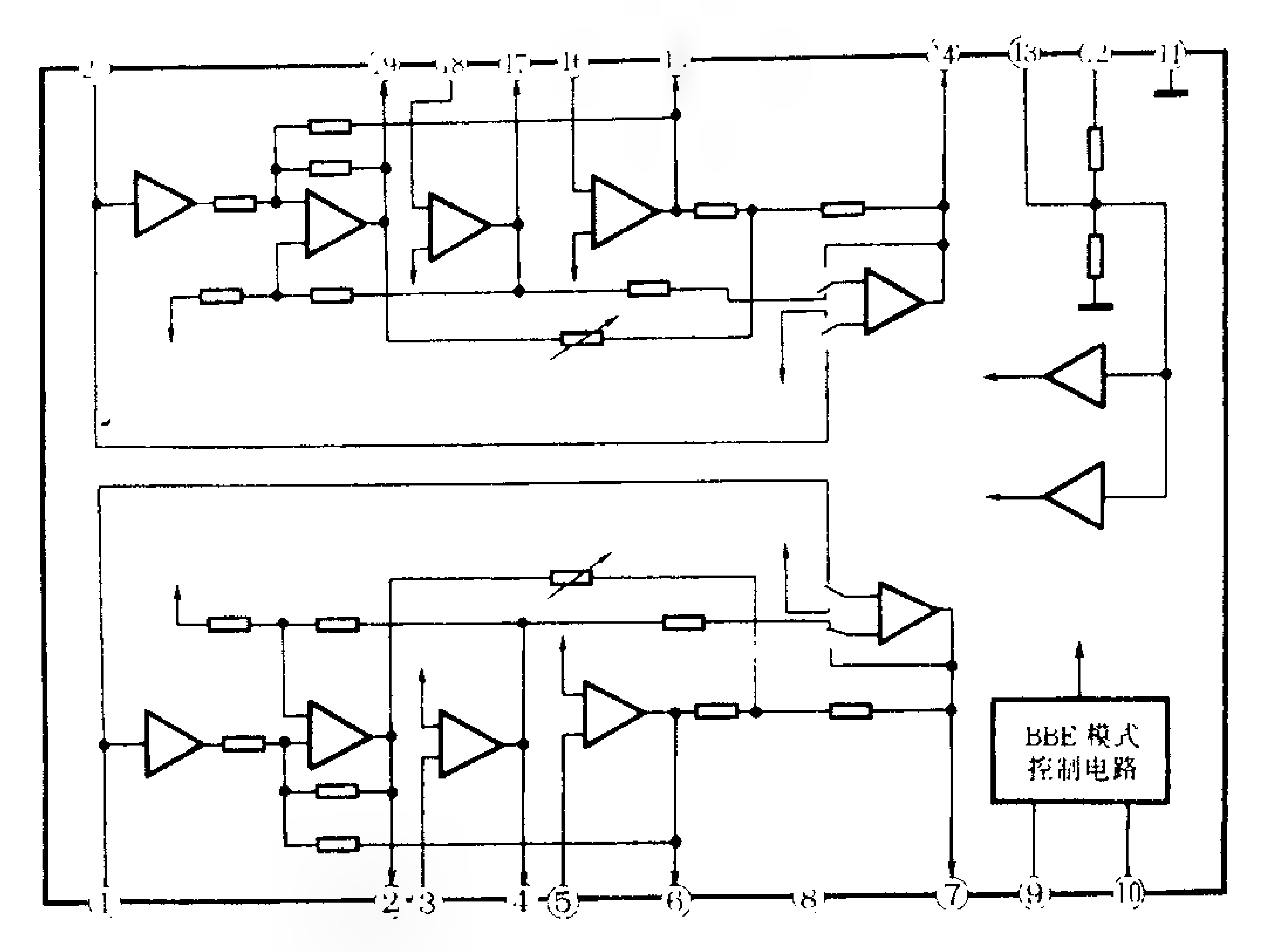


图 11－116　NJM2152 内电路方框图

表 11－51　　　　NJM2152 各引脚功能

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	INPUTL	左声道音频输入端	⑪	GND	接地端
②	HPFL	高通滤波器输出端	⑫	V_{CC}	电源端
③	CR1L	带通滤波器输入端	⑬	V_{REF}	基准电压输出端
④	BPFL	带通滤波器输出端	⑭	OUT PUTR	右声道音频输出端
⑤	CR2L	低通滤波器输入端	⑮	LPFR	低通滤波器输出端
⑥	LPF2	低通滤波器输出端	⑯	CR2R	低通滤波器输入端
⑦	OUT PUTL	左声道音频输出端	⑰	BPFR	带通滤波器输出端
⑧	NC	空脚	⑱	CR1R	带通滤波器输入端
⑨	S1	电平提升量控制端	⑲	HPFR	高通滤波器输出端
⑩	S2	电平提升量控制端	⑳	IN PUTR	右声道音频输入端

NJM2152 具有直流 4.5V ~ 13V 宽工作电压范围；正常工作时工作电流为 8mA，信噪比为 97dB，具有直通功能（直通时增益为 0dB，信噪比 115dB），具有三级独立的高提升量开关（在高频时有 5dB/8dB/11dB 三级提升量）和 4dB 的固定低提升量电平，采用双极晶体管制造工艺，对静电不敏感，有双列直插式和双列扁平封装。图 11－117 是其应用电路，表 11－52 是高低频提升状态的电平设置。

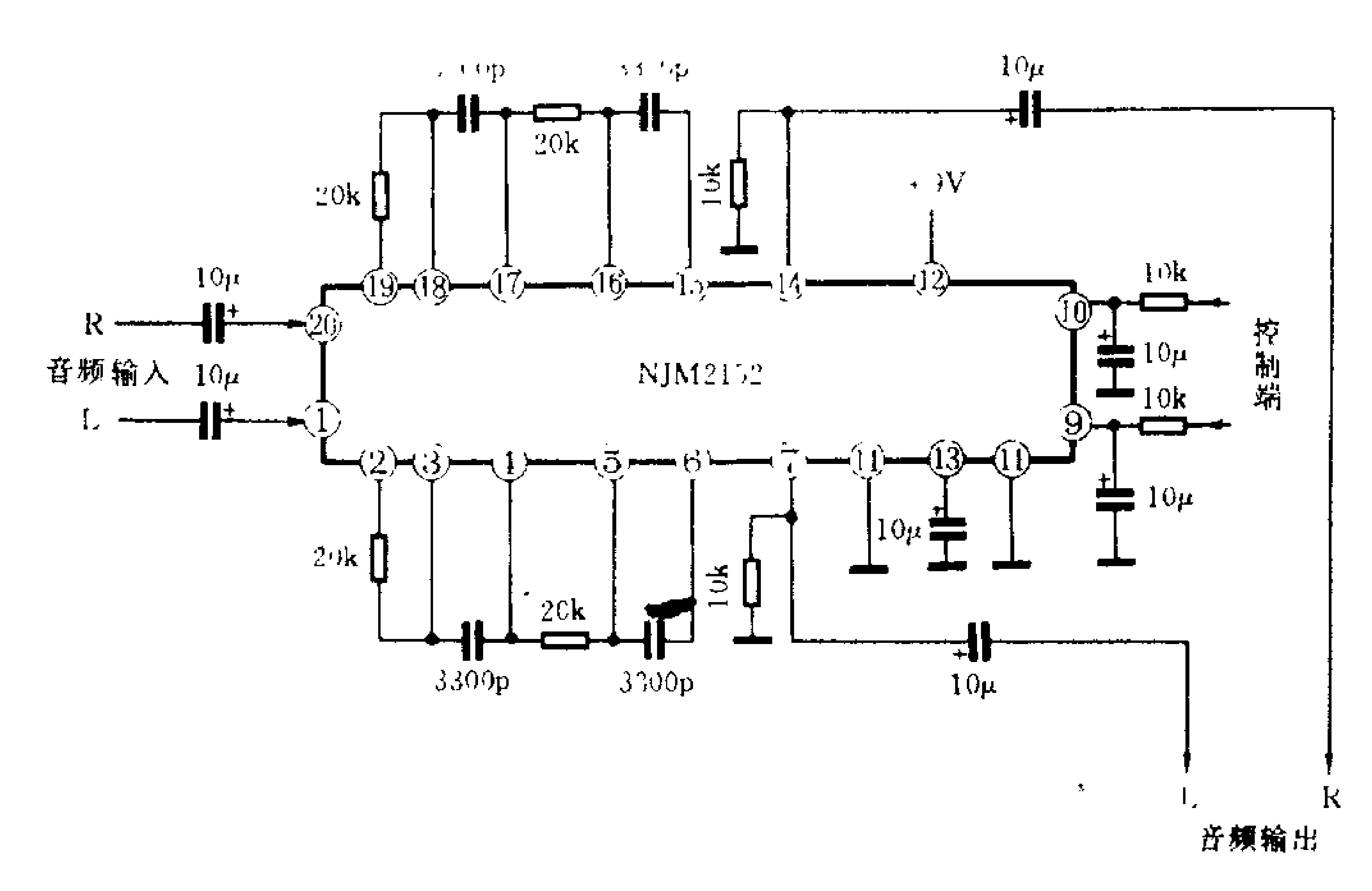


图 11－117　NJM2152 应用电路

表 11－52　　　高低频提升状态电平设置表

功　　能	S1	S2
BYPASS	L	L
5dB	H	L
8dB	L	H
11dB	H	H

注：L 为低电平，H 为高电平。

9. BA3884 BBE 音质增强处理集成电路

BA3884 是日本 ROHM 公司推出的 BBE 音质增强处理集成电路,其内部由缓冲放大器、高速检测器、LPE 滤波器、HPF 滤波器、VCA 电路和 CTL 电路等组成,如图 11 - 118 所示,其各引脚功能见表 11 - 53。

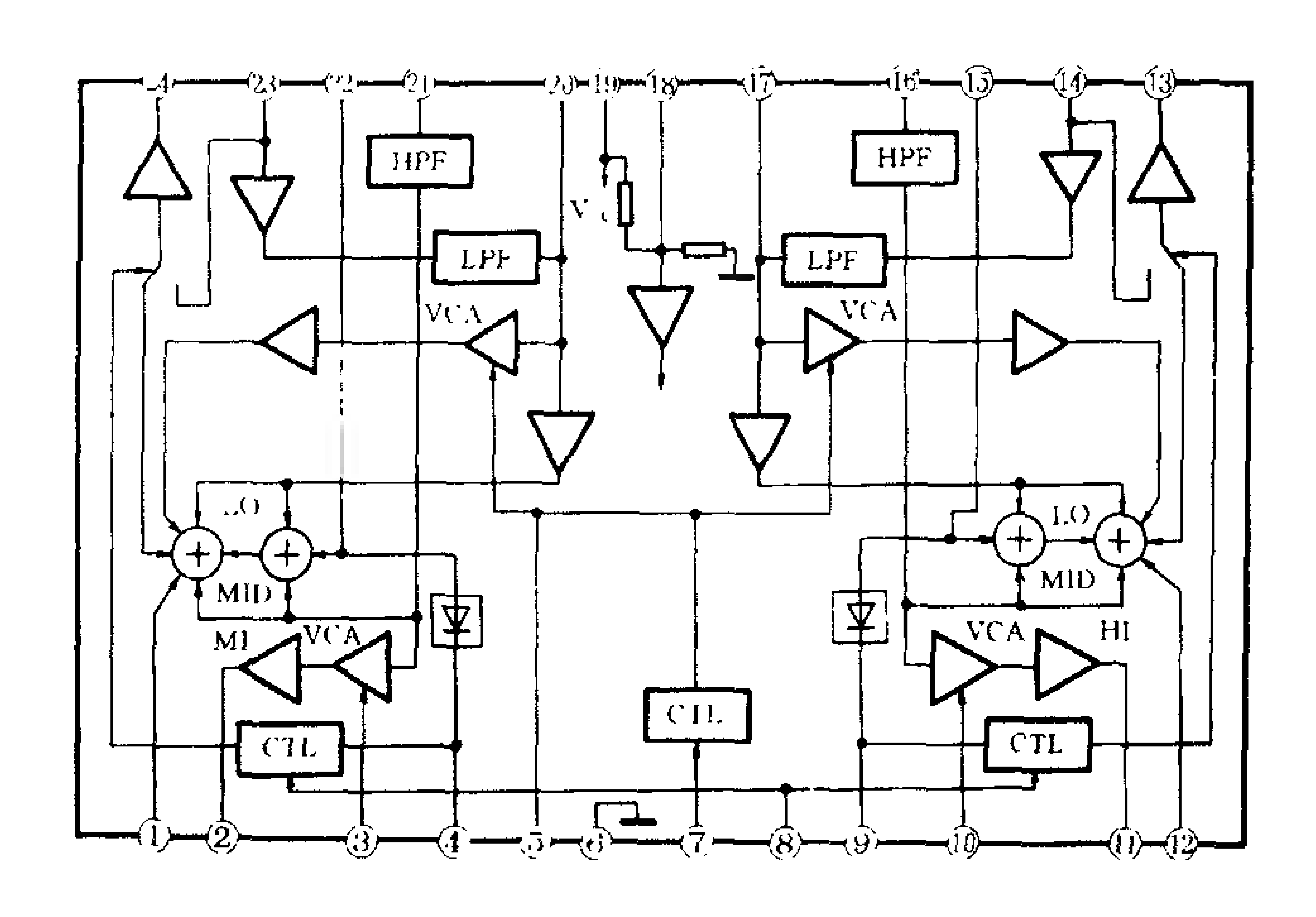


图 11 - 118 BA3884 内电路方框图

BA3884 可以完成对音频信号的相位补偿、幅度补偿、低音轮廓提升及处理模式/带通模式转换等功能。它将输入信号分成高频(2.4kHz ~ 20kHz)、中频(150Hz ~ 2.4kHz)和低频(20Hz ~ 150Hz)三个频段,然后分别将中频段和高频段信号相移 180°和 360°的方法再重新组合以上频段。利用相位差调整了每个频宽的时间延迟特性,将低频延迟 2.5ms,将中频段延迟 0.5ms,从而实现了相位补偿。再通过高速检波器和高性能的 VCA(用于高音组成部分的幅度控制)电路,来提高高音区域谐波的平衡度,以 CTL1 端的直流电平为基础,得到一个内部控制信号来补偿输入高音组成部分幅度,从而恢复谐波成分,提高重放声音的清

表 11-53　　**BA3884 各引脚功能**

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	MIXL	MID 输入端(L)	⑬	OUTR	右声道输出端
②	VCAL	VCA 输出端(L)	⑭	INR	右声道输入端
③	TC1L	VCA 控制端(L)	⑮	APFR	缓冲放大器输出端(R)
④	DETL	检波输出端(L)	⑯	HPFR	高通滤波器输入端(R)
⑤	TC2	VCA 控制端	⑰	LPFR	低通滤波器输出端(R)
⑥	GND	接地端	⑱	BIAS	基准电压端
⑦	CTL2	控制端 2	⑲	V_{CC}	电源端
⑧	CTL1	控制端 1	⑳	LPFL	低通滤波器输出端(L)
⑨	DETR	检波输出端 R	㉑	HPFL	高通滤波器输入端(L)
⑩	TC1R	VCA 控制端(R)	㉒	APFL	缓冲放大器输出端(L)
⑪	VCAR	VCA 输出端(R)	㉓	INL	左声道输入端
⑫	MIXR	MID 输入端(R)	㉔	OUTL	左声道输出端

晰度。恢复了高次谐波的位置和幅度后,还需适当的低音来实现最佳平衡。在处理系统中采用了低音轮廓提升电路,通过 CTL2 控制端的直流电平来调整低音提升幅度,实现 50Hz~150Hz 理想的线性提升(最大提升幅度可达 8.7dB)。另外,可通过调节 CTL1 控制端的电平来实现处理模式(开启音质增强和校正电路)与带通模式(不经校正电路,只通过放大器)的转换。

BA3884 的直流工作电压范围为 +5.4V~ +12.3V;工作电流

12.9mA；最大功耗为 1050mW（BA3884S）和 450mW（BA3884F）；工作温度为 -40℃ ~ +85℃，其应用电路如图 11 - 119 所示。

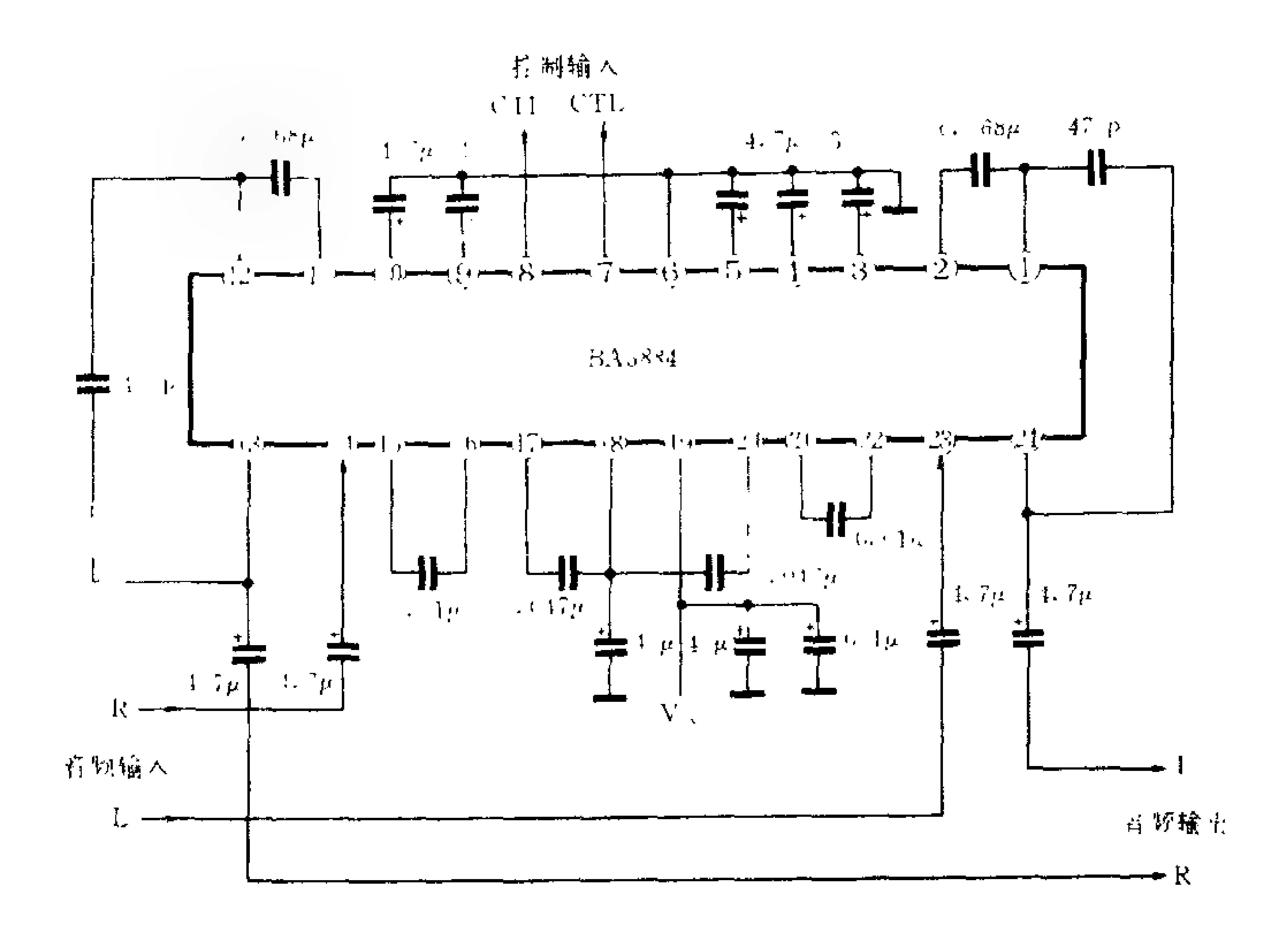


图 11 - 119　BA3884 应用电路

10. XR1071 BBE 音质增强处理

XR1071 是美国 EXAR 公司的 BBE 音频高分辨率处理集成电路，内部由输入缓冲放大器、低通滤波器、高通滤波器、峰值检波器、分辨率控制、VCA 压控放大器和低音提升放大器等电路组成，如图 11 - 120 所示。

XR1071 有 32 脚 SDIP 和 44 脚 PQFP 两种形式，其各引脚功能见表 11 - 54。

XR1071 具有音频相位补偿、幅度补偿和低音提升功能，其典型工作电压为 ±5V（V_{CC} = +5V，V_{EE} = -5V），工作电流 I_{CC} 为 15mA、I_{EE} 为 15mA。

图 11 - 121 是 XR1071 的应用电路。

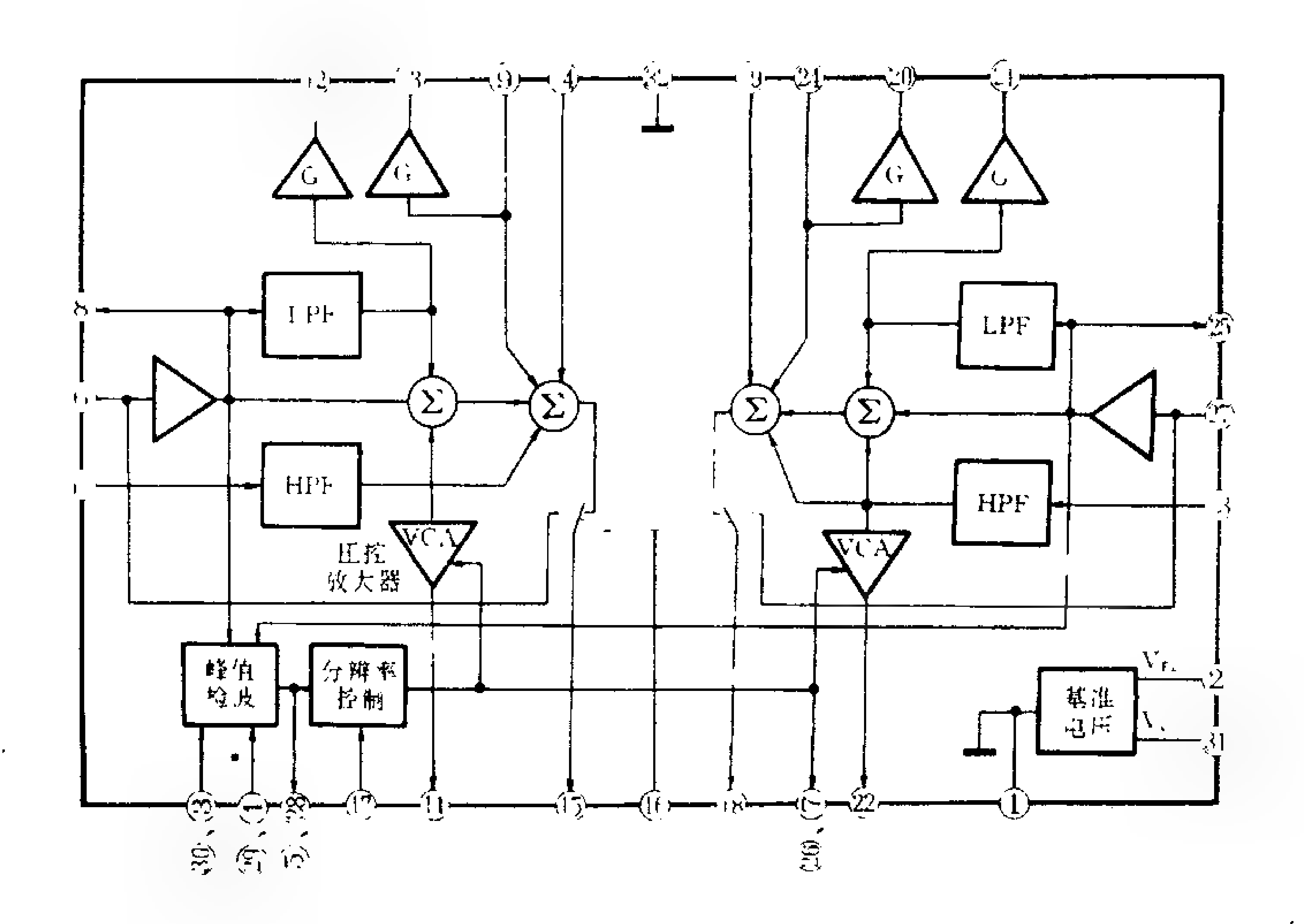


图 11－120　XR1071 内电路方框图

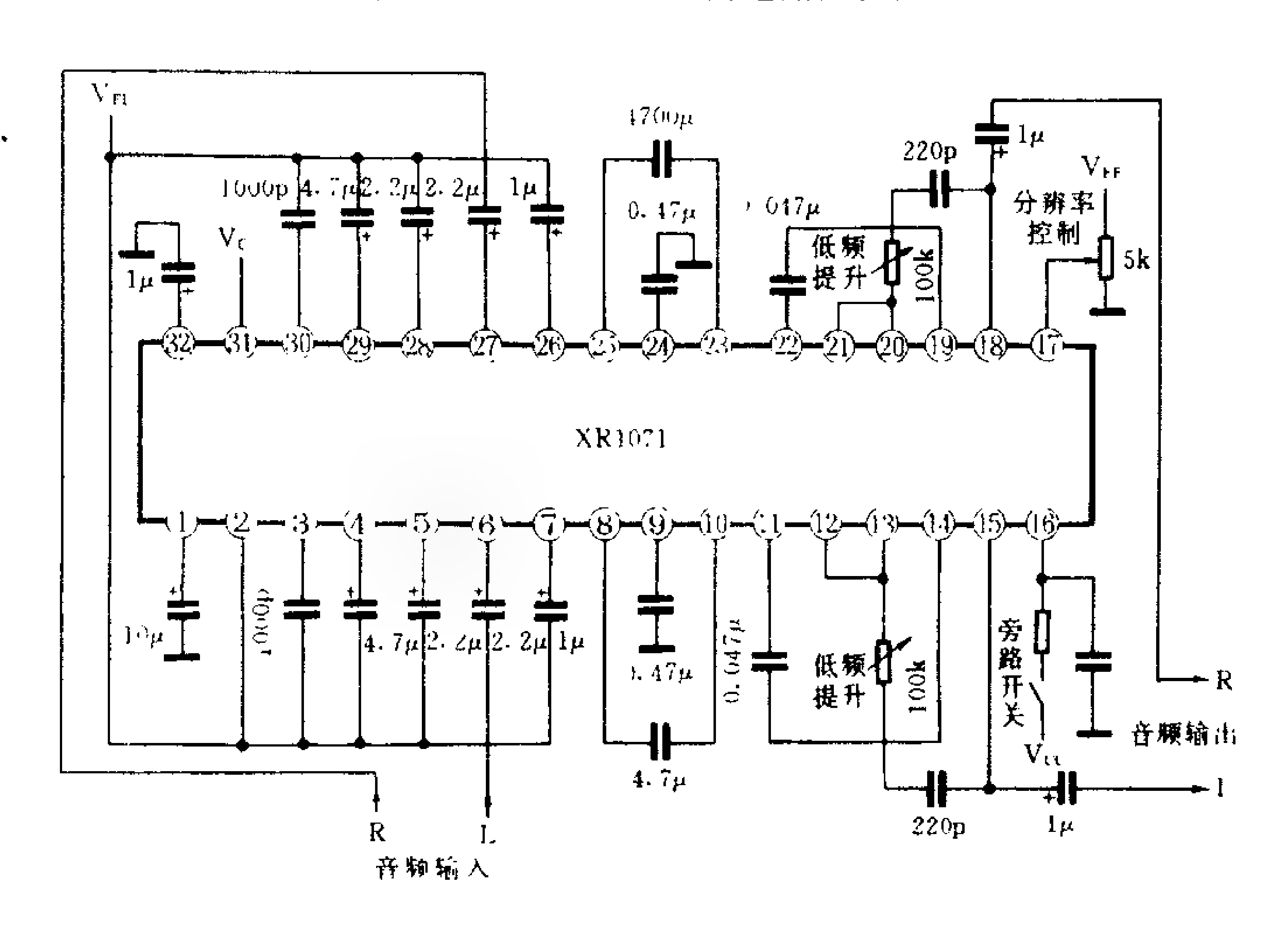


图 11－121　XR1071 应用电路

表 11－54　　XR1071 各引脚功能

引脚		符号	功能
PQFP	SDIP		
①		NC	空脚
②	⑤	DET OUT	峰值检波器输出端
③		NC	空脚
④	⑥	LIN	左声道输入端
⑤	⑦	DEFC OUT	分辨率控制输出端
⑥	⑧	All Pass	全频带信号输出端
⑦	⑨	Low Pass	低通信号输入端
⑧	⑩	High Pass	高通信号输入端
⑨	⑪	VCA OUT	压控放大器输出端
⑩	⑫	L/P Gain1	低通增益 1 输出端
⑪		NC	空脚
⑫		NC	空脚
⑬	⑬	L/P Gain2	低通增益 2 输出端
⑭	⑭	Sum Node	相加节点输入端
⑮	⑮	LOUT	左声道信号输出端
⑯	⑯	BBE	BBE 旁路控制输入端
⑰		NC	空脚
⑱	⑰	DEF	分辨率控制输入端
⑲	⑱	ROUT	右声道输出端
⑳	⑲	Sum Node	相加节点输入端
㉑	⑳	L/P Gain2	低通增益 2 输出端
㉒		NC	空脚
㉓		NC	空脚
㉔	㉑	L/P Gain1	低通增益 1 输出端
㉕	㉒	VCA OUT	压控放大器输出端
㉖	㉓	High Pass	高通信号输入端
㉗	㉔	Low Pass	低通信号输入端
㉘	㉕	All Pass	全频带信号输出端
㉙	㉖	DEFC OUT	分辨率控制输出端
㉚	㉗	R IN	右声道输入端
㉛		NC	空脚
㉜	㉘	DET OUT	峰值检波器输出端
㉝		NC	空脚
㉞	㉙	NC	空脚
㉟	㉚	C2	内接峰值检波器，外接电容

续表

引脚		符号	功能
PQFP	SDIP		
㊱	㉛	C1	内接峰值检波器,外接电容
㊲	㉜	V_{CC}	正电源端
㊳		BBE GND	BBE 接地端
㊴		NC	空脚
㊵	①	GND REF	基准接地端
㊶	②	V_{EF}	负电源端
㊷	③	C1	内接峰值检波器,外接电容
㊸	④	C2	内接峰值检波器,外接电容
㊹		NC	空脚

11. XR1072 BBE 音质增强处理集成电路

XR1072 是美国 EXAR 公司的 BBE 音频高分辨率处理集成电路。内部由输入放大器、高通滤波器、带通滤波器、低通滤波器、衰减器、峰值检波器、带通控制和输出放大器等组成,如图 11－122 所示,其各引脚功能见表 11－55。

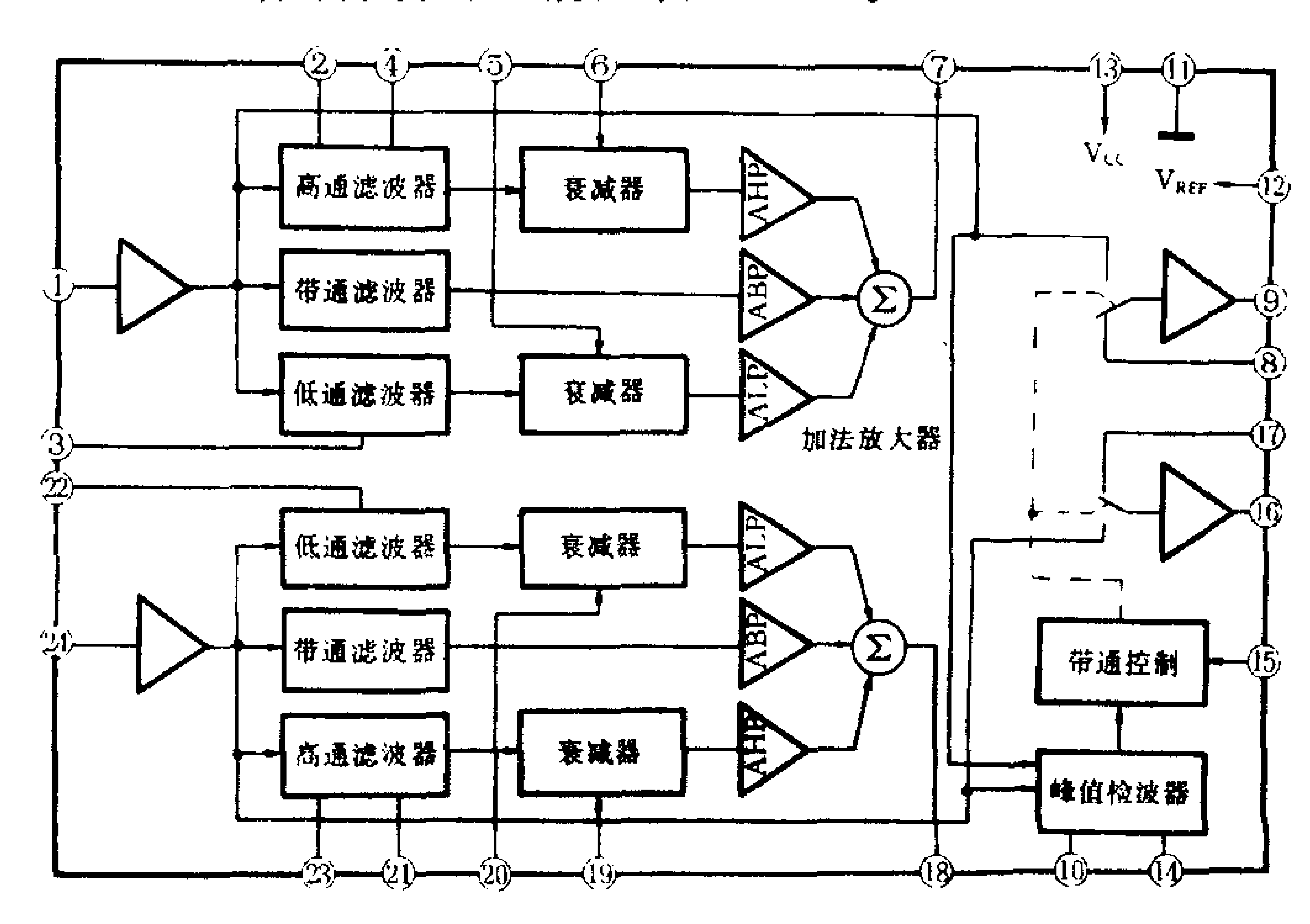


图 11－122　XR1072 内电路方框图

表 11-55　XR1072 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	INL	左声道输入端	⑬	V_{CC}	电源端
②	BUFOL	内接高通滤波器,外接电容	⑭	CPEAK	内接峰值检波器,外接电容
③	CLOL	内接低通滤波器,外接电容	⑮	BYPASS	BBE 通/断控制端
④	CHIL	内接高通滤波器,外接电容	⑯	OUTR	右声道输出端
⑤	BBL	左声道低频增益控制端	⑰	CCIR	输出放大器输入端
⑥	DEFL	左声道分辨率控制端	⑱	CCOR	加法放大器输出端
⑦	CCOL	加法放大器输出端	⑲	DEFR	右声道分辨率控制端
⑧	CCIL	输出放大器输入端	⑳	BBR	右声道低频增益控制端
⑨	OUTL	左声道输出端	㉑	CHIR	内接高通滤波器,外接电容
⑩	CGAIN	峰值检波器	㉒	CLOR	内接低通滤波器,外接电容
⑪	GND	接地端	㉓	BUFOR	内接高通滤波器,外接电容
⑫	V_{REF}	基准电压端	㉔	INR	右声道输入端

XR1072 采用双极型技术制造工艺,有 24 脚的 DIP 塑封和 JEDEC SOIC 两种封装形式。该集成电路无需预编码,有分开的声道分辨率和低音提升控制,还具有噪声低、总谐波失真小、电流消耗小等特点。其直流工作电压为 6V~24V,应用电路如图 11-123 所示。

12. XR1075 BBE 音质增强处理集成电路

XR1075 是美国 EXAR 公司的 BBE 音频高分辨率处理集成电路,内部由输入放大器、衰减器、高通滤波器、带通滤波器、低通滤波器、加法放大器、输出放大器等电路组成,如图 11-124

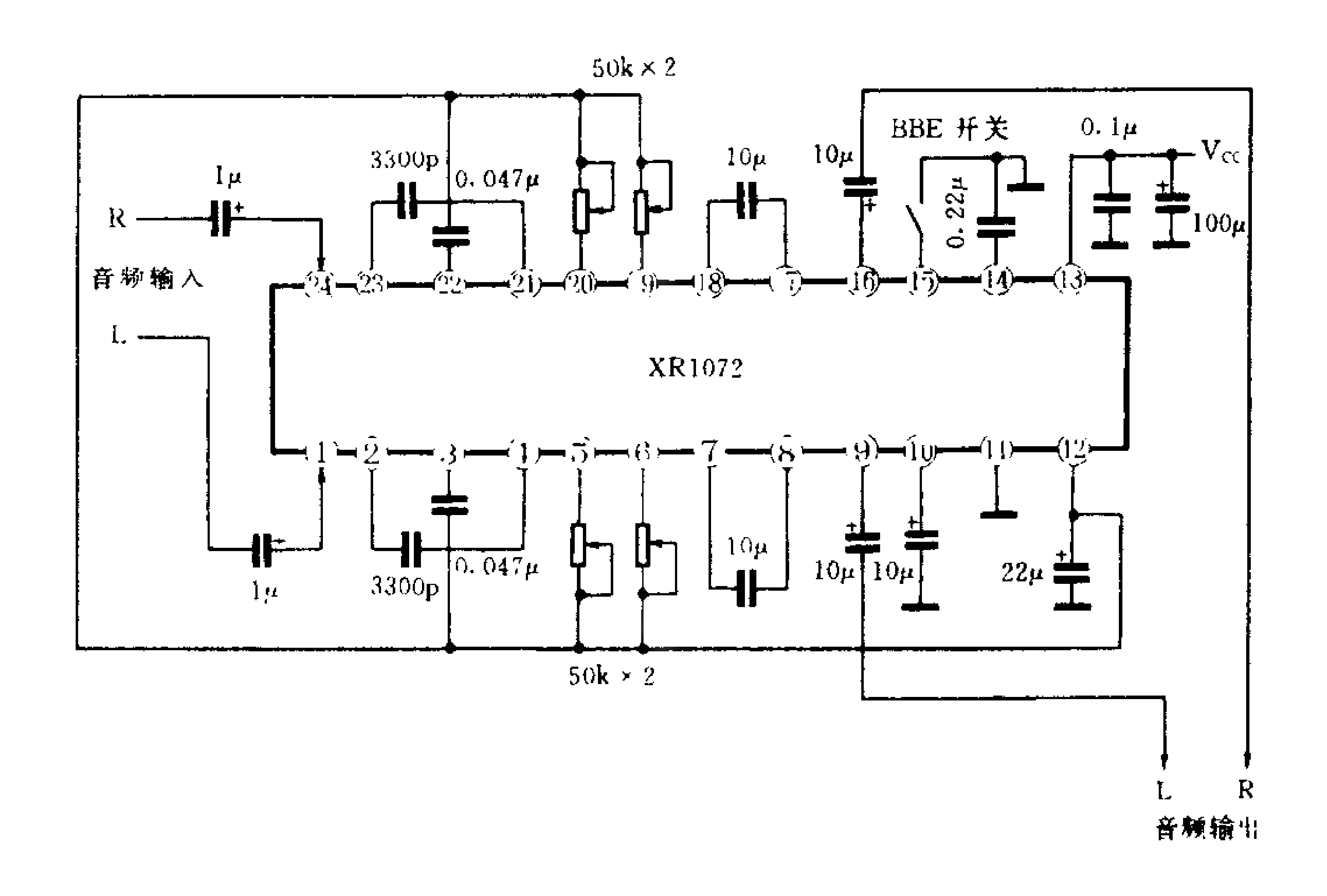


图 11－123　XR1072 应用电路

所示，其各引脚功能见表 11－56。

表 11－56　　　XR1075 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	GND	接地端	⑩	V_{CC}	电源端
②	V_{REF}	基准电压端	⑪	OUTL	左声道输出端
③	INR	右声道输入端	⑫	COMPL	相加放大器补偿端
④	DEFR	分辨率控制端	⑬	HFCAPL	内接高通滤波器
⑤	BBR	低音提升控制端	⑭	LFCAPL	内接低通滤波器
⑥	LFCAPR	内接低通滤波器	⑮	BBL	低音提升控制端
⑦	HFCAPR	内接高通滤波器	⑯	DEFL	分辨率控制端
⑧	COMPR	相加放大器补偿端	⑰	INL	左声道输入端
⑨	OUTR	右声道输出端	⑱	DISAE	输出控制输入端

XR1075 的直流工作电压为 6V～24V，工作电流 15mA。低

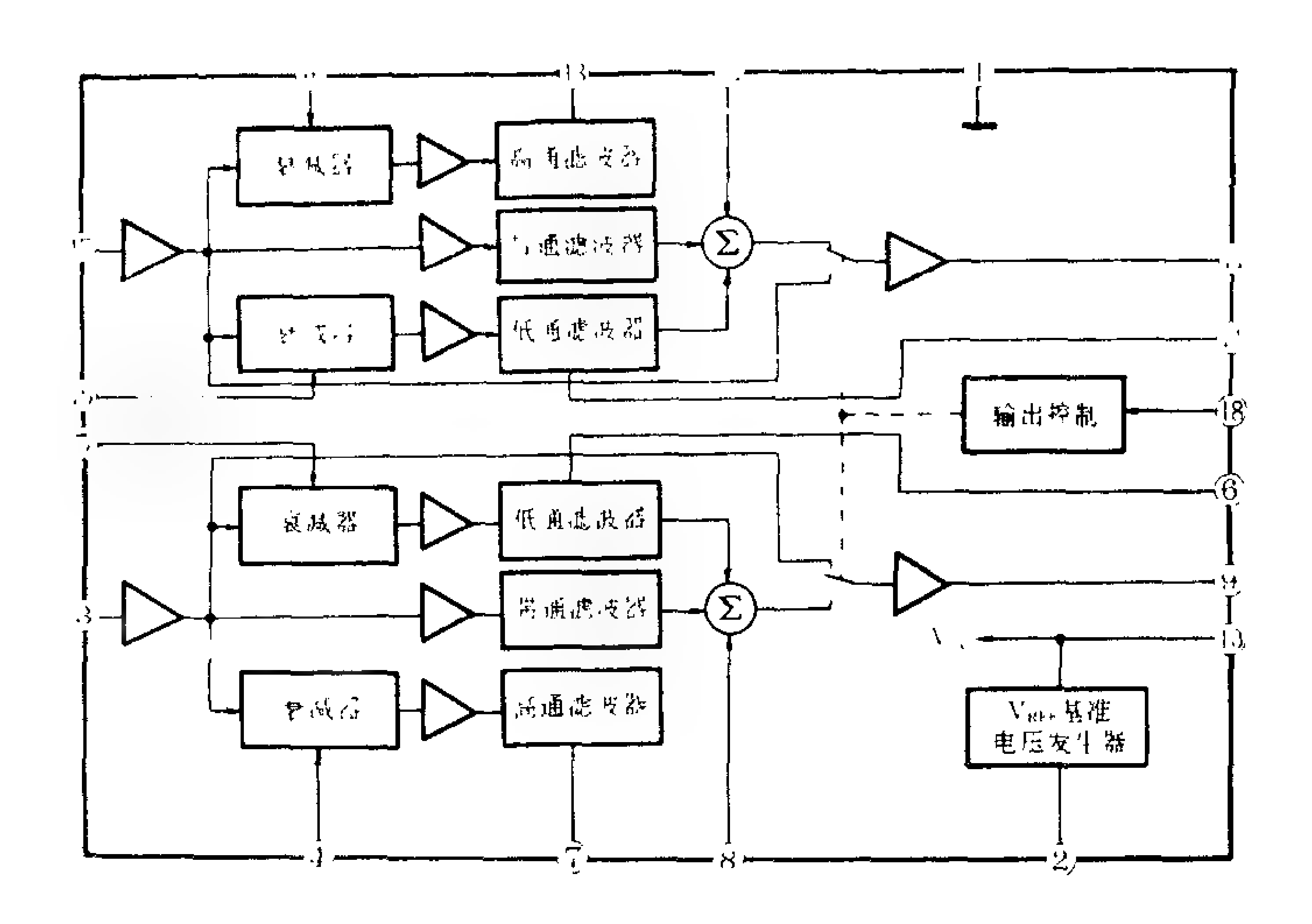


图 11－124　XR1075 内电路方框图

音提升最大增益为 9dB～13dB，最小增益为 －0.5dB～ ＋1.5dB；分辨率最大增益为 9dB～13dB，最小增益为 －0.5dB～ ＋1.5dB；BBE 关断增益为 － 1dB ～ ＋ 1dB；中音段增益为 －1.5dB ～ ＋0.5dB。XR1075 的应用电路如图 11－125 所示。

13．SRS 5250S 三维环绕声处理集成电路

SRS 5250S 是美国 SEPONIX 公司生产的 SRS 三维环绕声处理芯片，内部由加法器、减法器、恒定相位滤波器、缓冲器和混合器等组成，如图 11－126 所示，其各引脚功能见表 11－57。

SRS 5250S 具有直通（Bypass）、立体声三维增强（SRS—3D）和单声道合成立体声（SRS—3D MONO）三种工作模式，受㉖脚电平控制（该脚接地时，为直通模式；接 V_{REF}时，为单声道合成立体声模式；悬空时为立体声三维增强模式）。还具有立体声增强效果的空间控制（SPACE）调节和语言电平的中心控制（CEN-

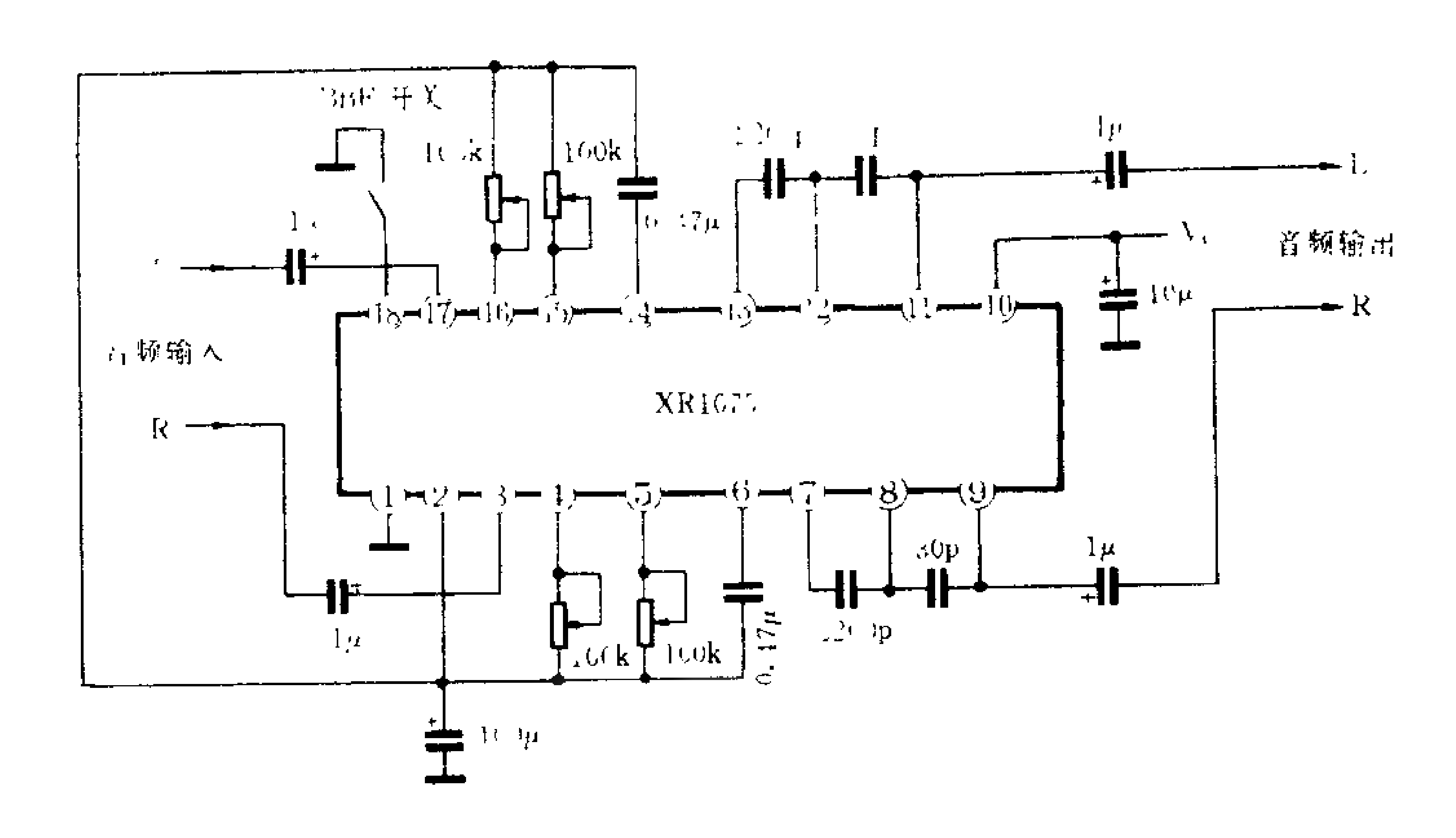


图 11－125　XR1075 应用电路

TER)调节功能。

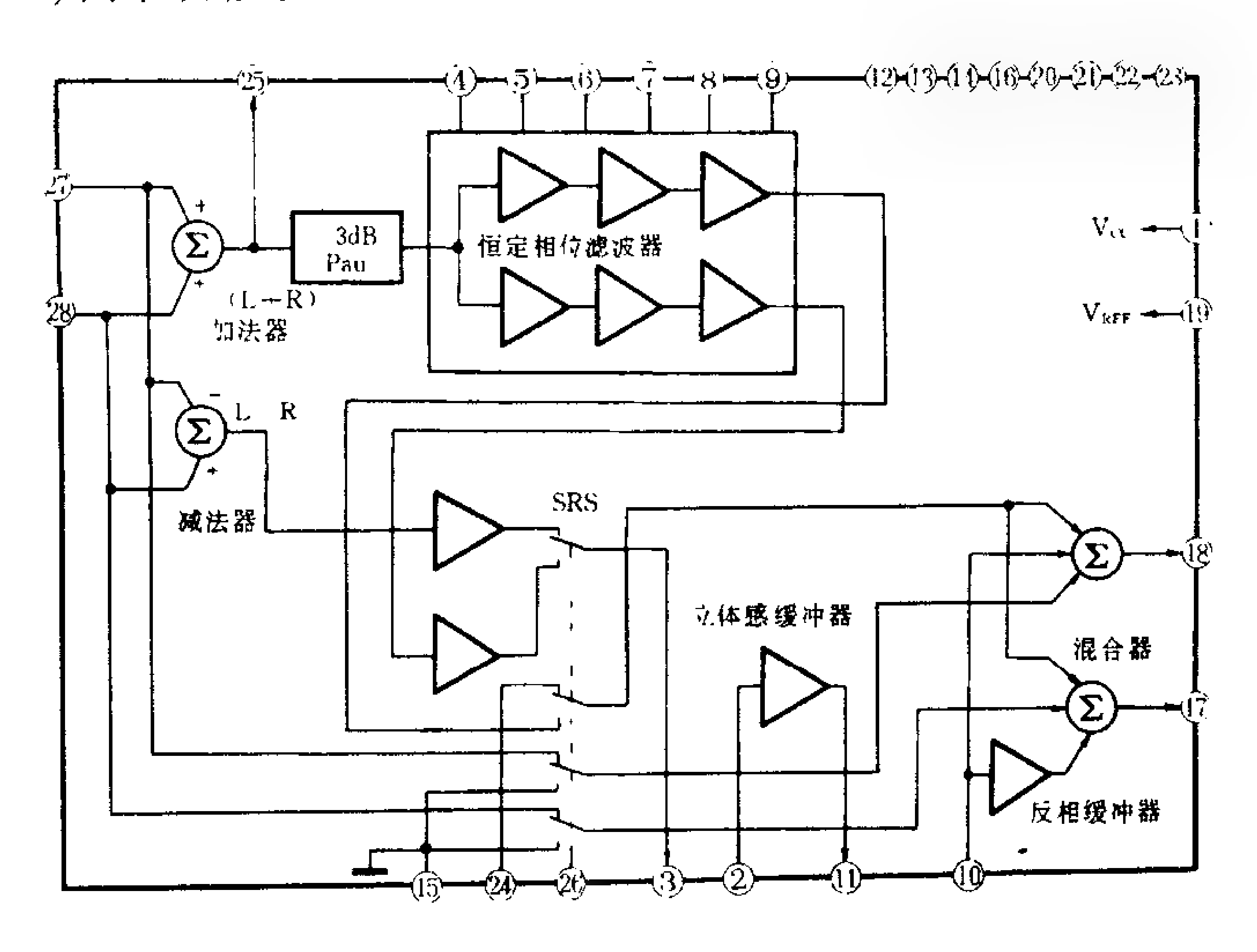


图 11－126　SRS5250S 内电路方框图

图 11－127 是 SRS5250S 的应用电路。

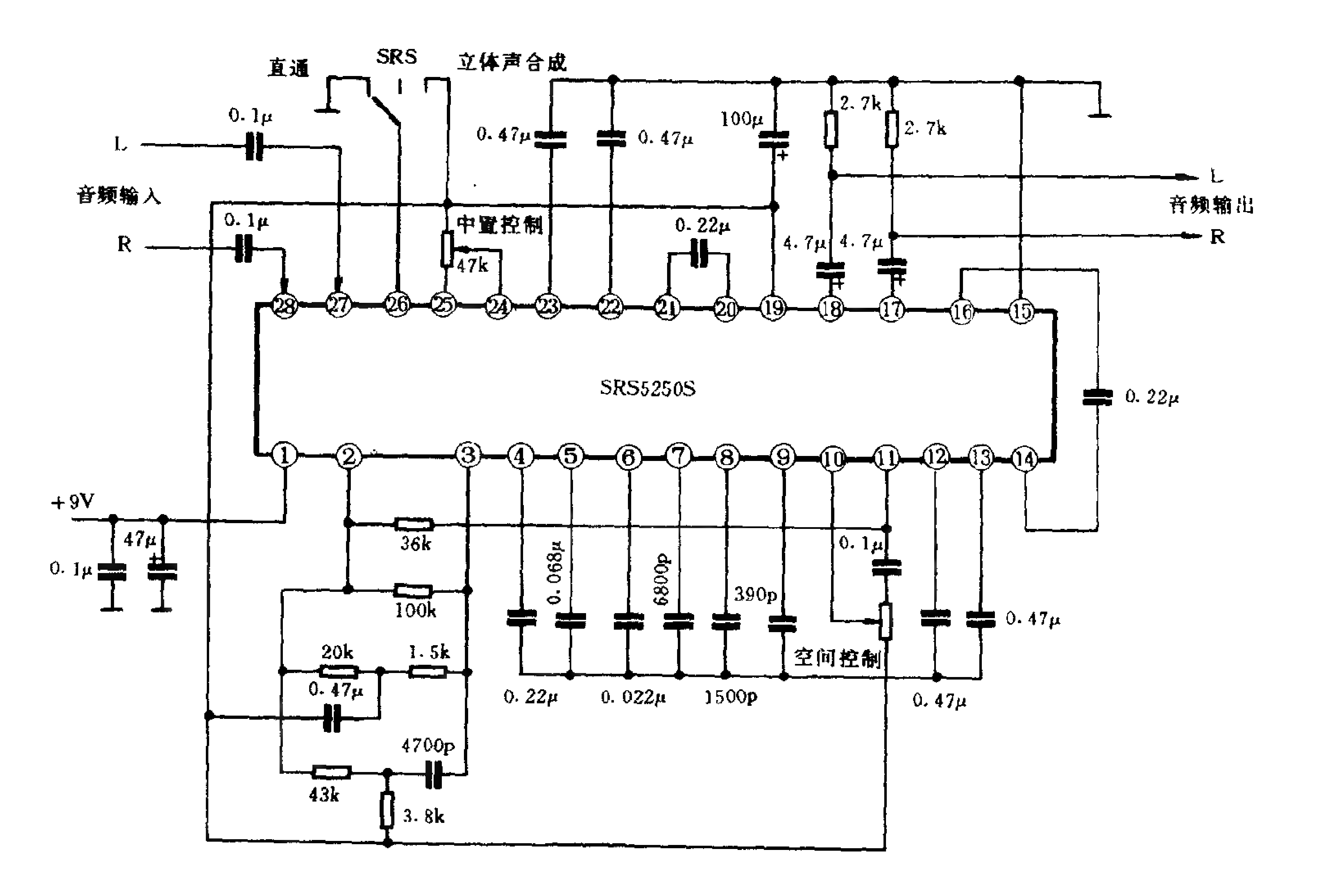


图 11 – 127 SRS5250S 应用电路

表 11-57　　　　SRS5250S 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	V_{CC}	电源端	⑮	GND	接地端
②	PN IN	立体感缓冲器输入端	⑯	CR1	外接电容
③	PN OUT	(L-R)信号输出端	⑰	R OUT	右声道混合信号输出端
④	C1	恒定相位滤波器外接电容	⑱	L OUT	左声道混合信号输出端
⑤	C2		⑲	V_{REF}	基准电压端
⑥	C3		⑳	CL1	外接电容
⑦	C4		㉑	CL2	
⑧	C5		㉒	CL3	
⑨	C6		㉓	CL4	
⑩	S IN	(L-R)P 信号输入端	㉔	C IN	(L+R)信号输入端
⑪	S OUT	立体感缓冲器输出端	㉕	C OUT	(L+R)信号输出端
⑫	CR4	外接电容	㉖	MODE	工作模式控制端
⑬	CR3		㉗	L IN	左声道音频信号输入端
⑭	CR2		㉘	R IN	右声道音频信号输入端

14. NJM2178 SRS 三维环绕声处理集成电路

NJM2178 是日本无线(JRC)公司的低功耗 SRS 三维环绕声处理集成电路,已获美国 SRS 实验室认证(芯片上印有 SRS 的注册商标)。

NJM2178 的电源电压为直流 4.7V~13V;工作电流为 10mA(SRS 方式);动态范围 110dB;信噪比 90dB。它具有空间位置和中心位置控制功能,可选择 SRS、3DMONO、BYPASS(直通)三种工作模式。

NJM2178 的内电路方框图见图 11-128,各引脚功能见表 11-58,应用电路如图 11-129 所示。

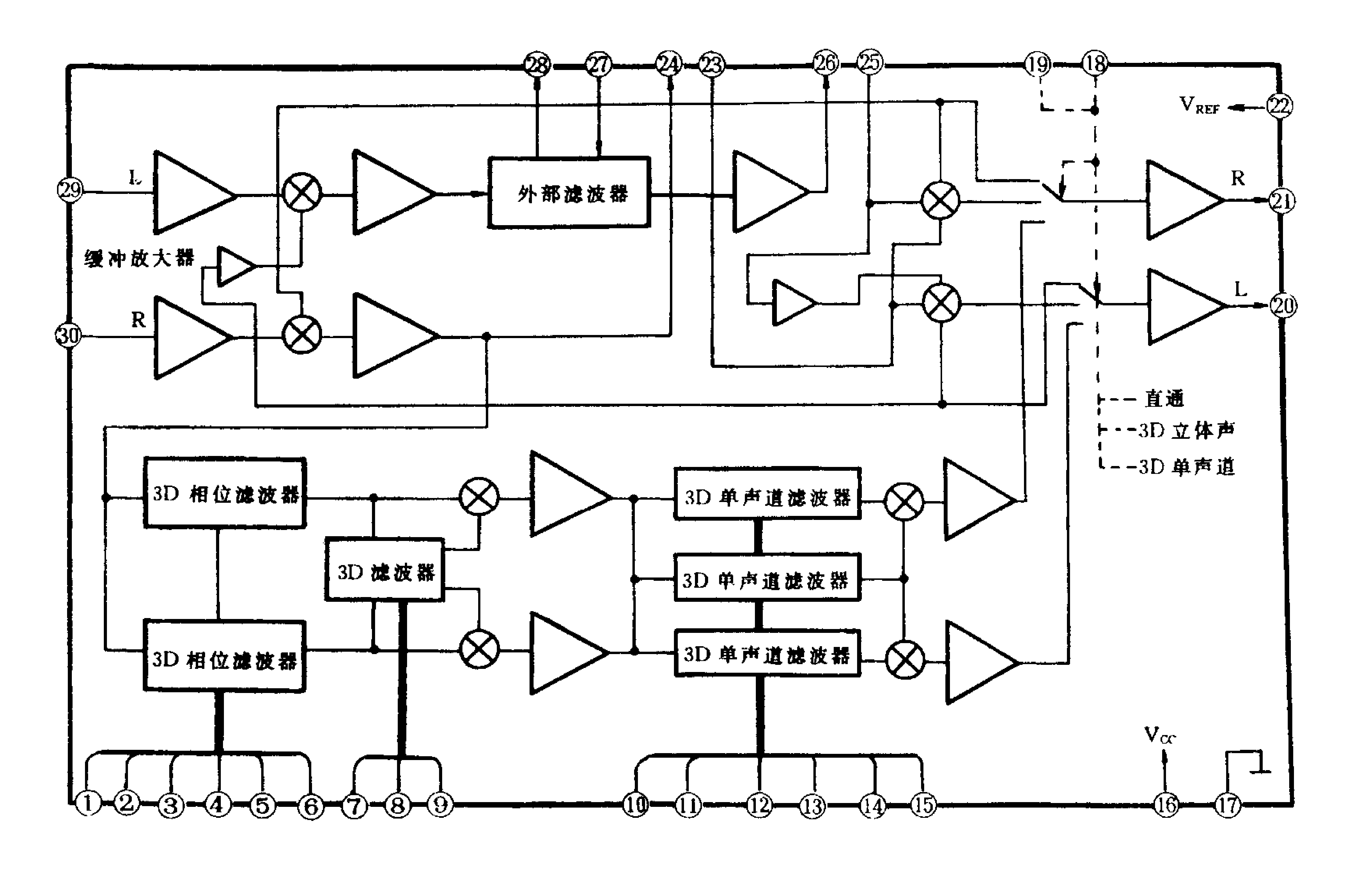


图 11-128 **NJM2178 内电路方框图**

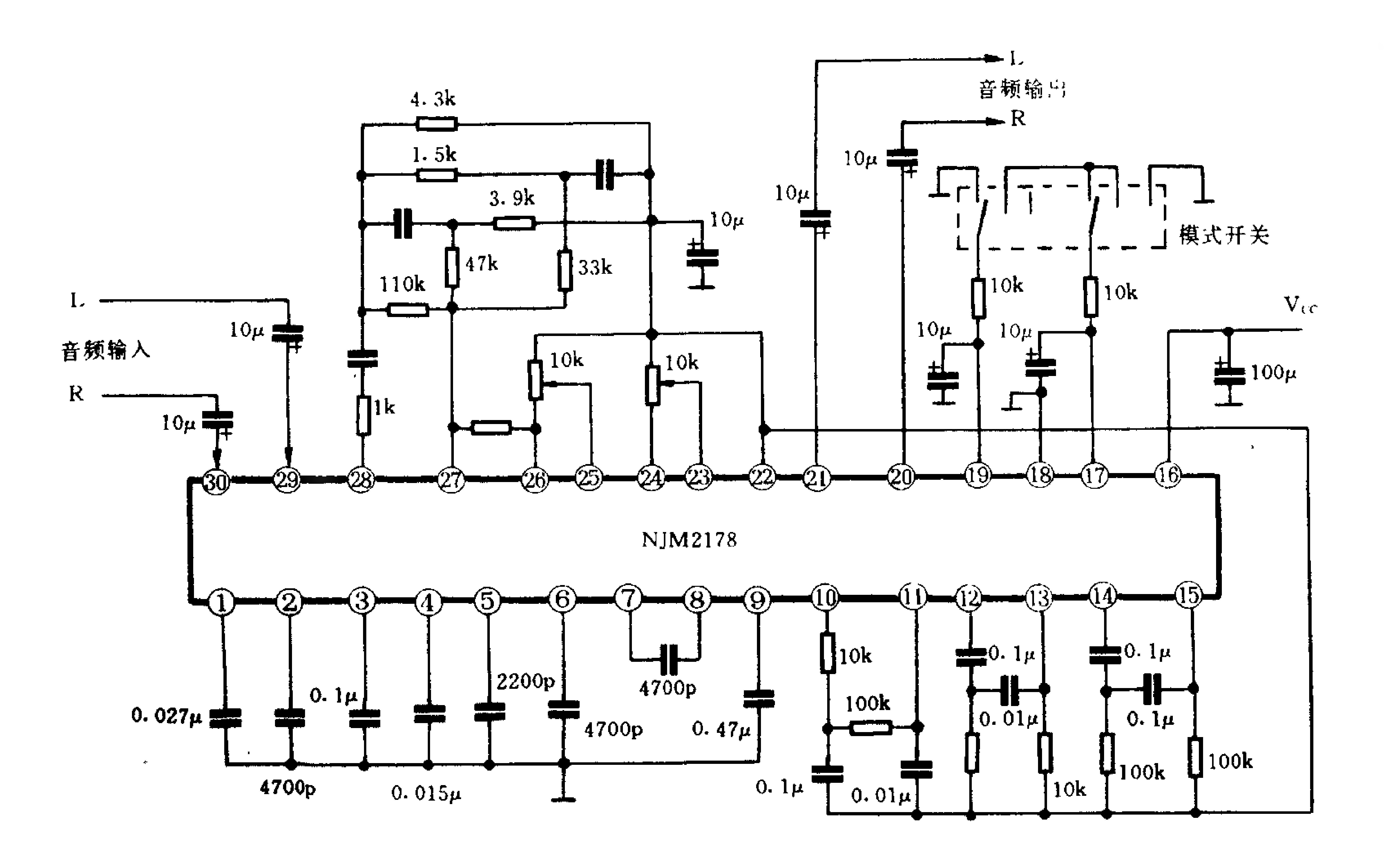


图 11－129　NJM2178 应用电路

表 11－58　NJM2178 各引脚功能

引脚	功　能	引脚	功　能
①	外接移相电容，内接 90°相位滤波器	⑯	电源端
②		⑰	接地端
③		⑱	模式选择控制端
④		⑲	
⑤		⑳	右声道信号输出端
⑥		㉑	左声道信号输出端
⑦	外接电容，内接 3D 滤波器	㉒	基准电压输出端
⑧		㉓	中心音量控制端
⑨		㉔	
⑩	内接 3D—MONO 滤波器	㉕	空间音量控制端
⑪		㉖	
⑫		㉗	外接滤波器元件
⑬		㉘	
⑭		㉙	左声道信号输入端
⑮		㉚	右声道信号输入端

15．YSS247 双声道三维环绕声处理集成电路

YSS247 是日本雅马哈公司研制的三维环绕声处理芯片，可用双声道放大器和两只音箱来产生多声道模拟环绕声效果。

YSS247 可提供高保真中置声和稳定的立体声定位；在重现水平方向移动的声音时空间感强烈；对单声道信号直通，而不作模拟立体声处理；具有音调调节功能，低音 100Hz ± 10dB，高音 10kHz ± 10dB。

YSS247 的各引脚功能见表 11－59，图 11－130 和图 11－131 是其应用电路。

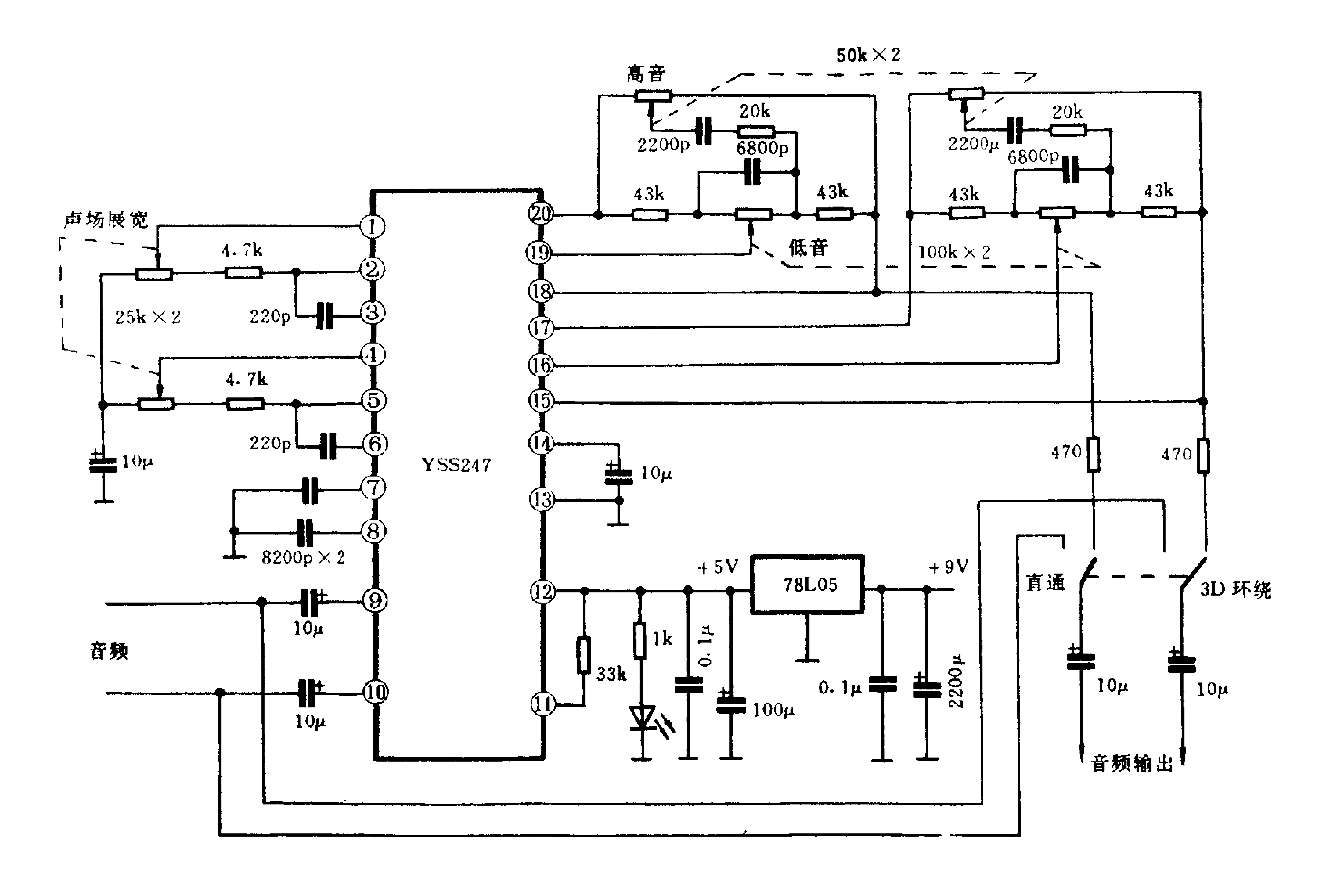


图 11－130　YSS247 应用电路之一

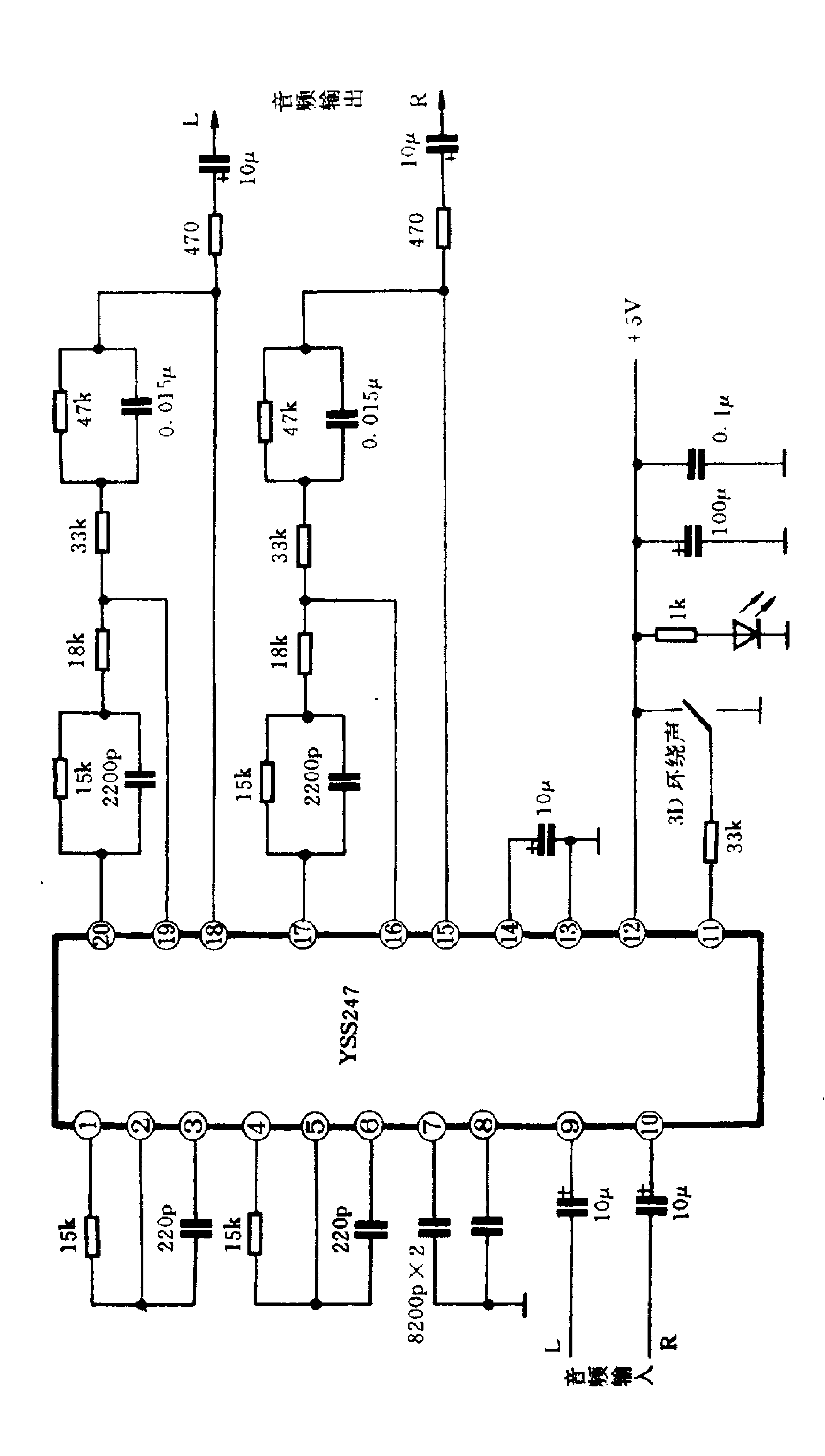


图11－131　YSS247应用电路之二

表 11-59　　YSS247 各引脚功能

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	WL	左声道声场展宽调节端	⑪	SW	开关控制端
②	FOL		⑫	V_{DD}	电源端
③	FCL		⑬	V_{SS}	接地端
④	WR	右声道声场展宽调节端	⑭	V_{REF}	基准电压
⑤	FOR		⑮	AOR	右声道高、低音调节
⑥	FCR		⑯	TBR	右声道高、低音调节
⑦	CL	外接滤波电容	⑰	TAR	
⑧	CR		⑱	AOL	左声道高、低音调节
⑨	AIL	左声道音频输入端	⑲	TBL	
⑩	AIR	右声道音频输入端	⑳	TAL	

16. EMR4.0 三维环绕立体声处理集成电路

EMR4.0 是美国 Desper Product 公司研制的 Spatializer 3D 环绕立体声处理集成电路，使用立体声放大器和两只音箱即可实现模拟多声道环绕声效果。

EMR4.0 有 E、D、S 三个音效模式。E 模式为立体声扩展，即用两个音箱来扩展一般立体声信号，使之产生声像超出两个音箱范围之外模拟环绕声效果；D 模式用来将多个单声道信号扩展定位到围绕听众 270°范围任意位置，形成有效的环绕感；S 模式能将单声道信号处理成具有较大深度和真实感的单声道信号，产生一个既自然又好听的仿立体声像。

EMR4.0 的工作电压为 +6V ~ +10V(+9V 时效果最佳)，无信号时的静态工作电流为 11mA。图 11-132 是其应用电路。

17. PSZ739 三维环绕声处理集成电路

PSZ739 是 Spatializer 三维环绕声处理集成电路，采用标准

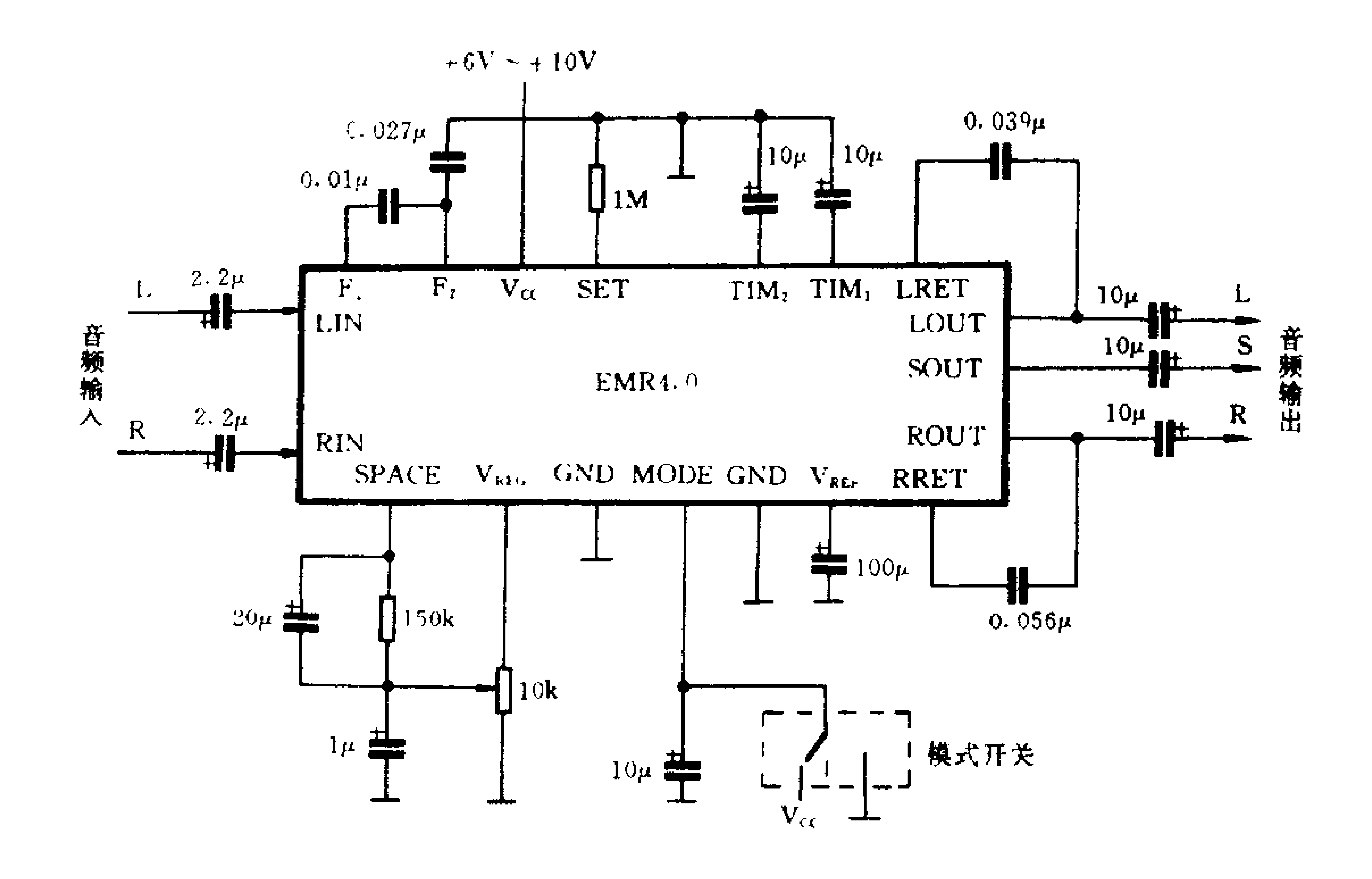


图 11-132　EMR4.0 应用电路

20 脚 SOIC 或 DIP 封装。其内部由信号处理、检测器、稳压器等组成，如图 11-133 所示，各引脚功能见表 11-60。

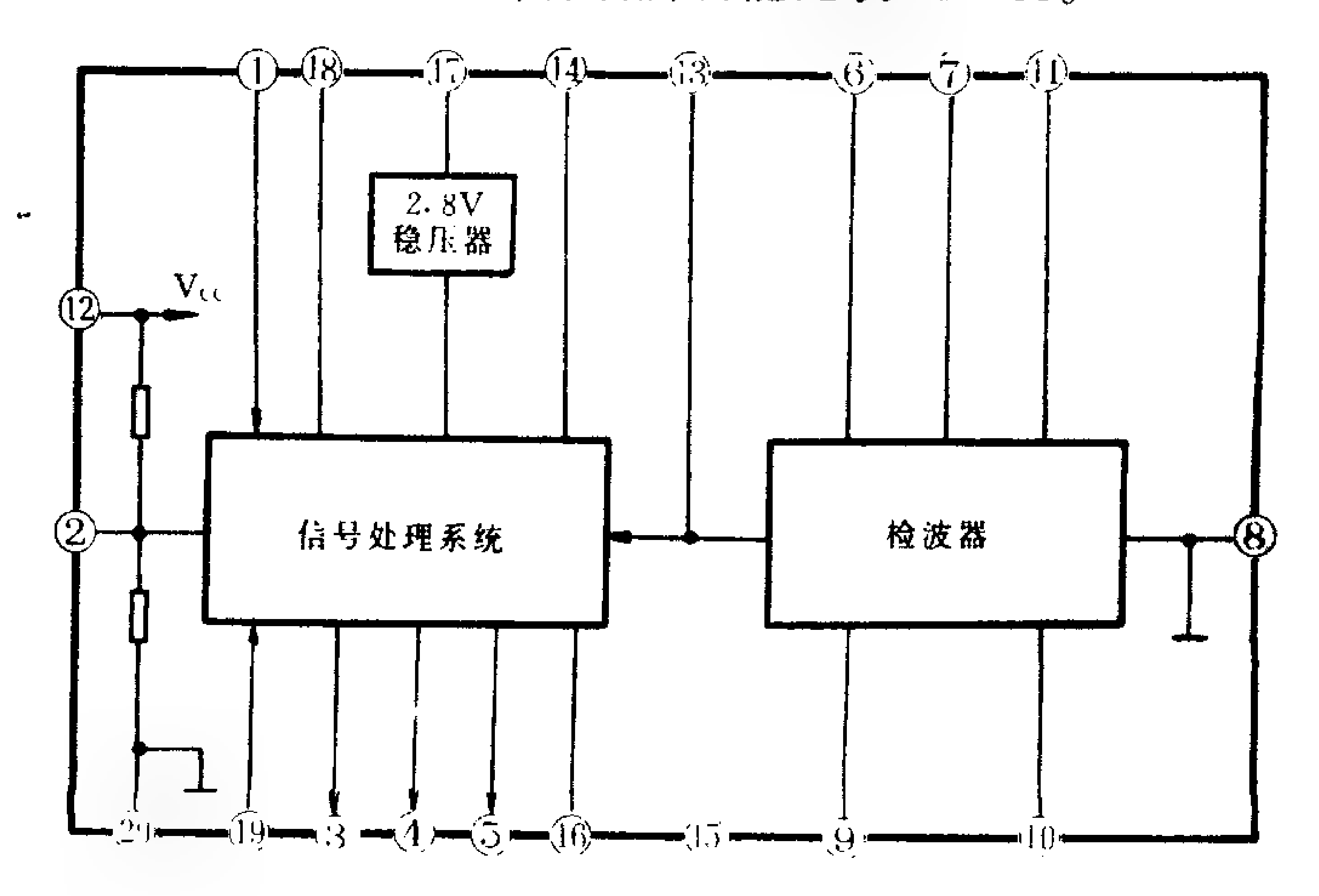


图 11-133　PSZ739 内电路方框图

表 11-60　　　　PSZ739 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	L IN	左声道信号输入端	⑪	CTS	外接电容
②	V_{REF}	基准电压端	⑫	V_{CC}	电源端
③	L OUT	左声道信号输出端	⑬	SPACE	3D 音效控制端
④	S OUT	环绕声道信号输出端	⑭	MODE	模式控制端
⑤	R OUT	右声道信号输出端	⑮	NC	空脚
⑥	SET	外接电阻	⑯	F2	外接电容
⑦	RD	外接电容	⑰	V_{REG}	2.8V 稳压器控制端
⑧	GND	接地端	⑱	F1	外接电容
⑨	LD	外接电容	⑲	R IN	右声道信号输入端
⑩	CTD	外接电容	⑳	GND	接地端

PSZ739 有旁路(BAYSS)、3D 立体声(3DSTEREO)、方向定位(DIRECTIONAL POSITIONING)和 3D 单声道(3D MONO)四种基本工作模式。旁路模式是关闭内部处理器,此集成电路本身只作为单一增益变换器;3D 立体声模式可将普通立体声音频信号的声场向两只扬声器的外侧扩展;方向定位模式是 3D 立体声的扩展模式,可让声源精确地控制在三维空间的任一点,能产生更强的包围感;3D 单声道模式用来增强单声道信号的声场扩展效果。工作模式的转换可通过⑭脚电平来实现。

PSZ739 的工作电压是 +4.75V ~ +16V（单电源）和 ±2.5V~ ±8V（双电源），工作电流为 12mA（工作电压为

+5V时）和 16mA（工作电压为+16V 时）。图 11－134 是 PSZ739 的应用电路。

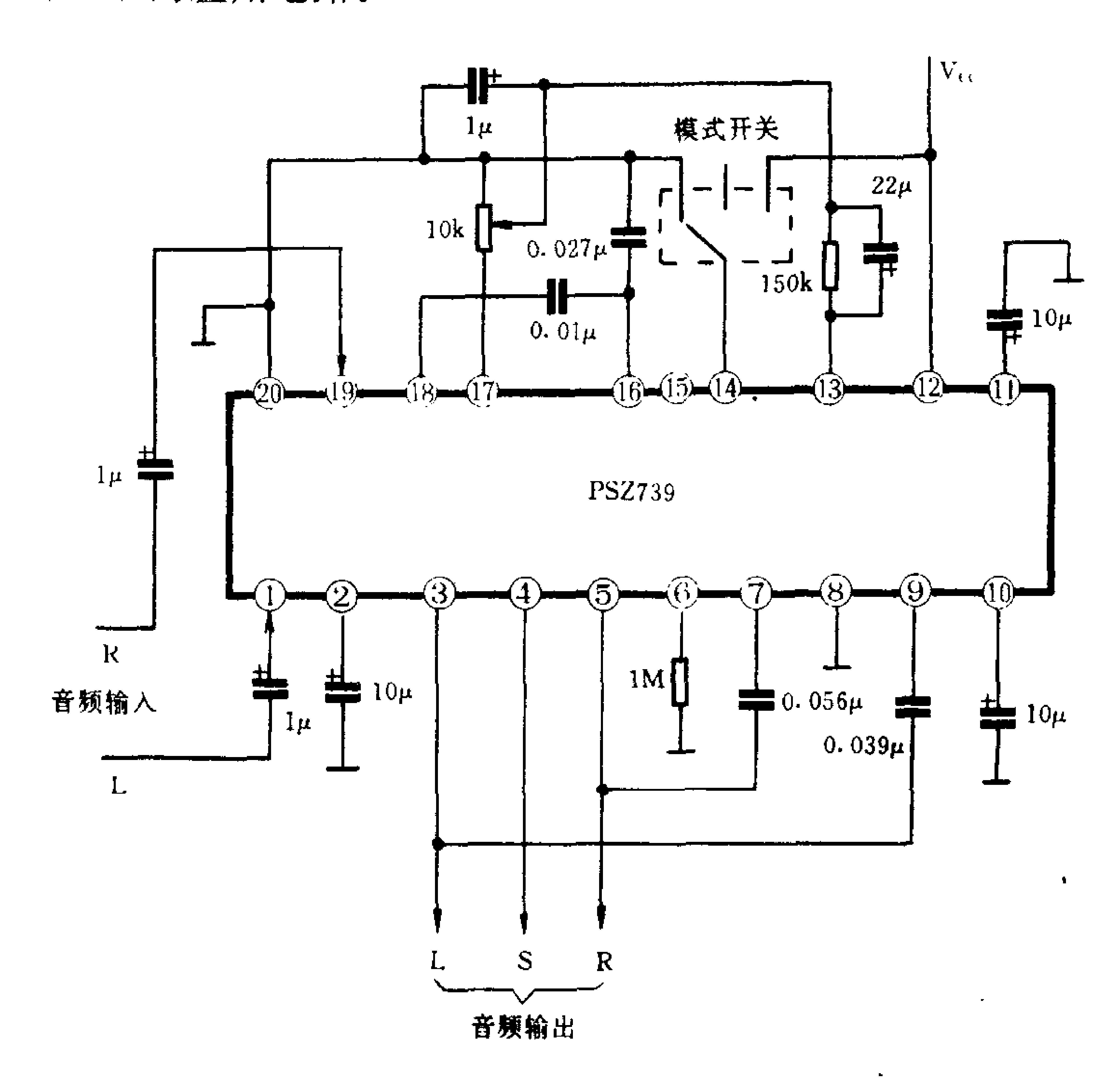


图 11－134 PSZ739 应用电路

PSZ739 的环绕声道输出信号，可以通过功率放大器去推动两只后置环绕声音箱，以加强环绕声效果。

18. PSZ740 三维环绕声处理集成电路

PSZ740 是 Spatializer 三维环绕声处理集成电路，采用 16 脚 SOIC 或 DIP 封装，且与 PSZ739 的主要性能相同，只是没有环绕声输出功能。其内电路如图 11－135 所示，各引脚功能见表 11－61。

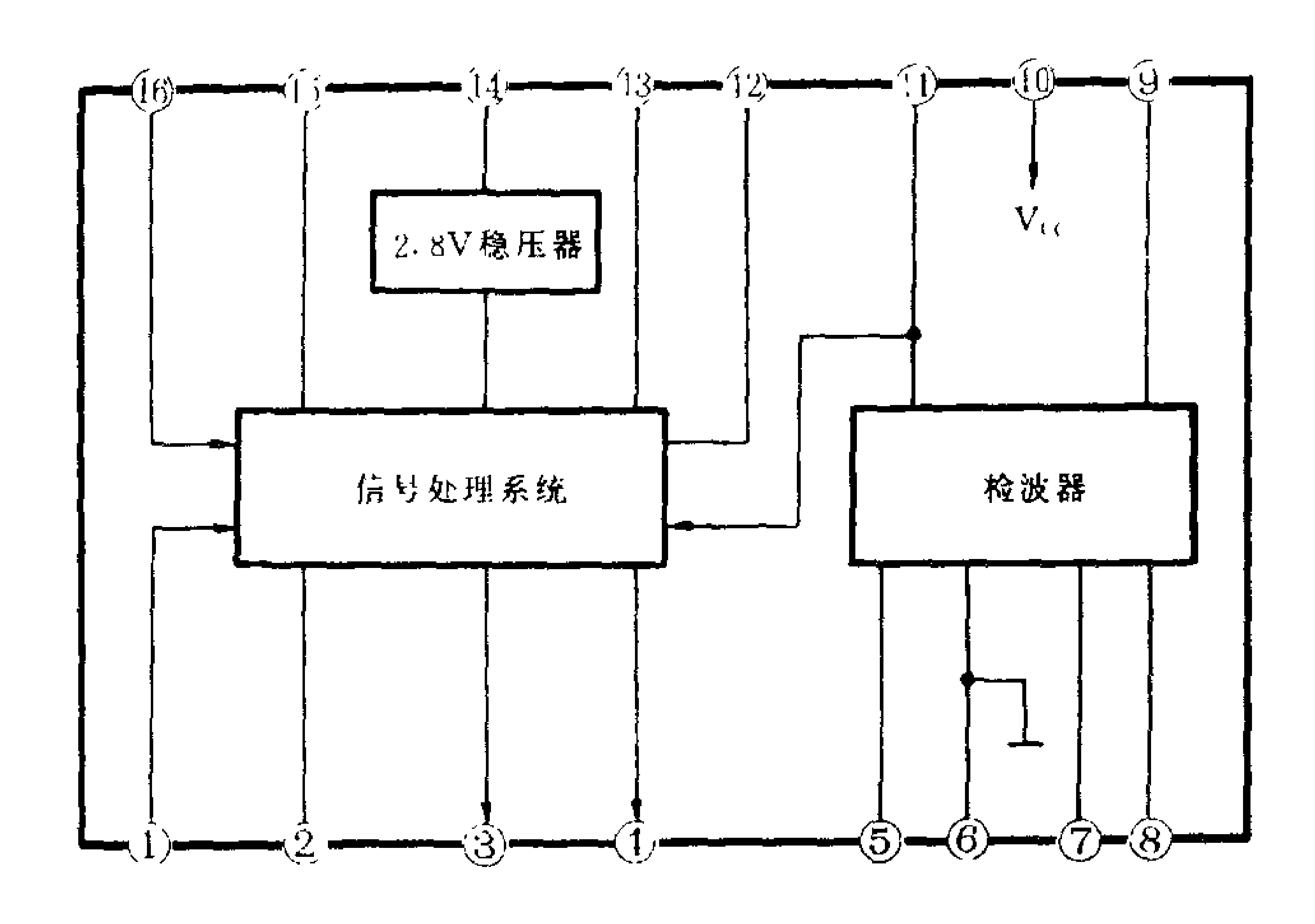


图 11-135 PSZ740 内电路方框图

表 11-61 PSZ740 各引脚功能

引脚	符号	功能	引脚	符号	功能
①	L IN	左声道输入端	⑨	CTS	外接电容
②	$V_{CC}/2$	基准电压端	⑩	V_{CC}	电源端
③	L OUT	左声道输出端	⑪	SPACE	3D 音效控制端
④	R OUT	右声道输出端	⑫	MODE	工作模式控制端
⑤	RD	外接电容	⑬	F2	外接电容
⑥	GND	接地端	⑭	V_{REG}	2.8V 稳压器控制端
⑦	LD	外接电容	⑮	F1	外接电容
⑧	CTD		⑯	RIN	右声道输入端

PSZ740 的应用电路如图 11-136 所示。

19. QS7777 虚拟杜比环绕声处理集成电路

QS7777 是采用加拿大 Q Sound 音频实验室三维定向增强技术的实用化单片虚拟杜比环绕声音频处理集成电路，内含高速 DSP 作精密虚拟声像定位运算，可将杜比 AC-3 或杜比定向逻辑解码输出的多声道信号处理为 2 路至 5 路效果增强的三维虚拟杜比环绕声，只用前方的两只音箱即可产生多声道环绕声场。

QS7777 的最大允许输入端口为 6 路，包括前左(FL)、前右

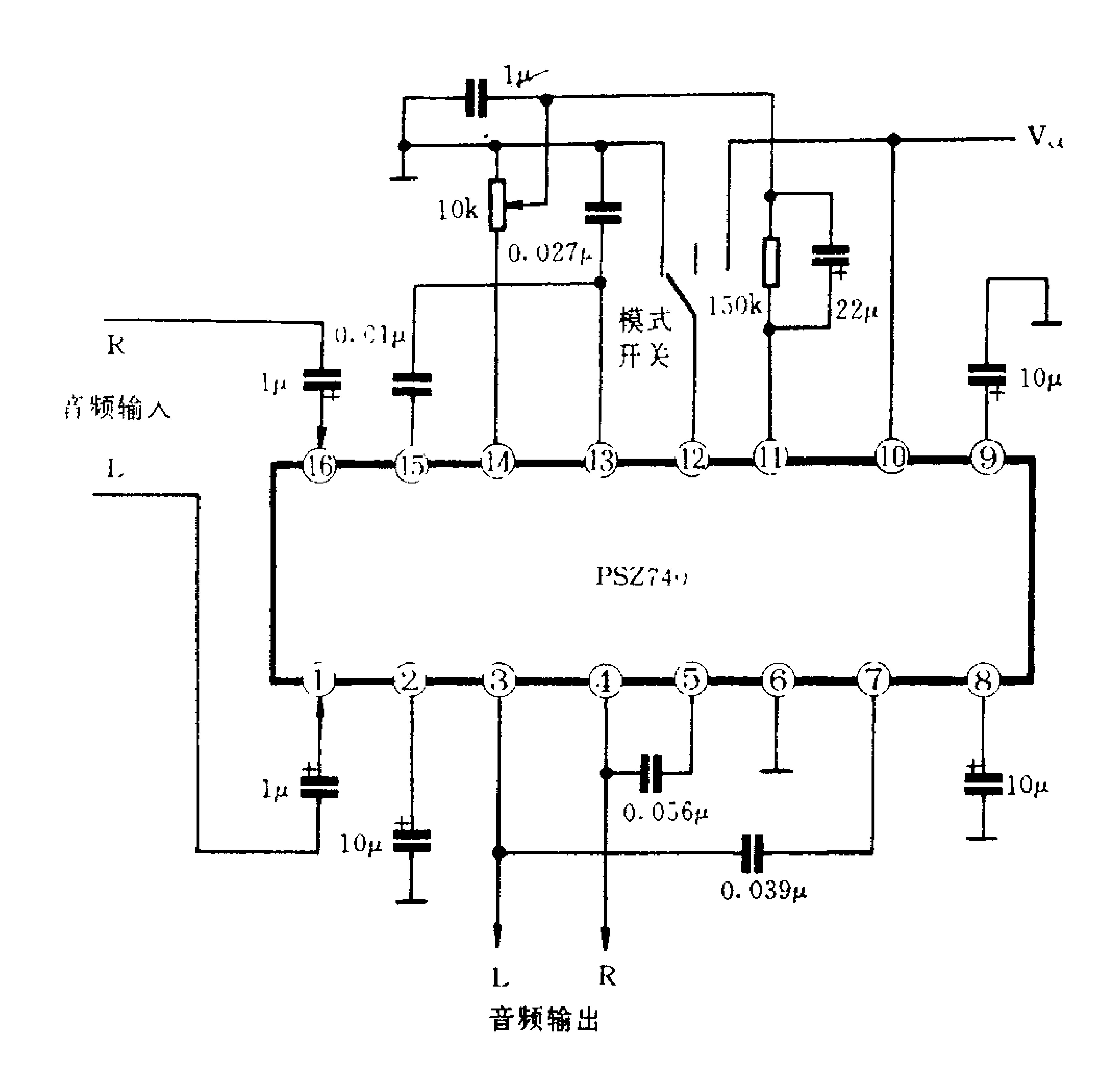


图 11－136　PSZ740 应用电路

(FR)、后左(RL)、后右(RR)、中置(C)、超重低音(Sub);最大允许输出端口为 5 路,即前置左、前置右、后置左、后置右、中置;能产生由提高声道分离度及环绕声效果所产生的增强环绕声;可利用三维增强效果来实现声像定位;内置为杜比定向逻辑设计的单声道到立体声的信号转换处理;符合杜比实验室的许可基准,不需再申请杜比认证;QS7777CF 为 I^2C 二线串行接口控制,QS7777PF 为三线并行数据控制(可采用 7 个开关控制);采用直流 5～13V 的宽范围供电,48 脚的 QFP 封装。

QS7777 内电路方框图如图 11－137 所示,各引脚功能见表 11－62。图 11－138 是 QS7777 的应用电路。

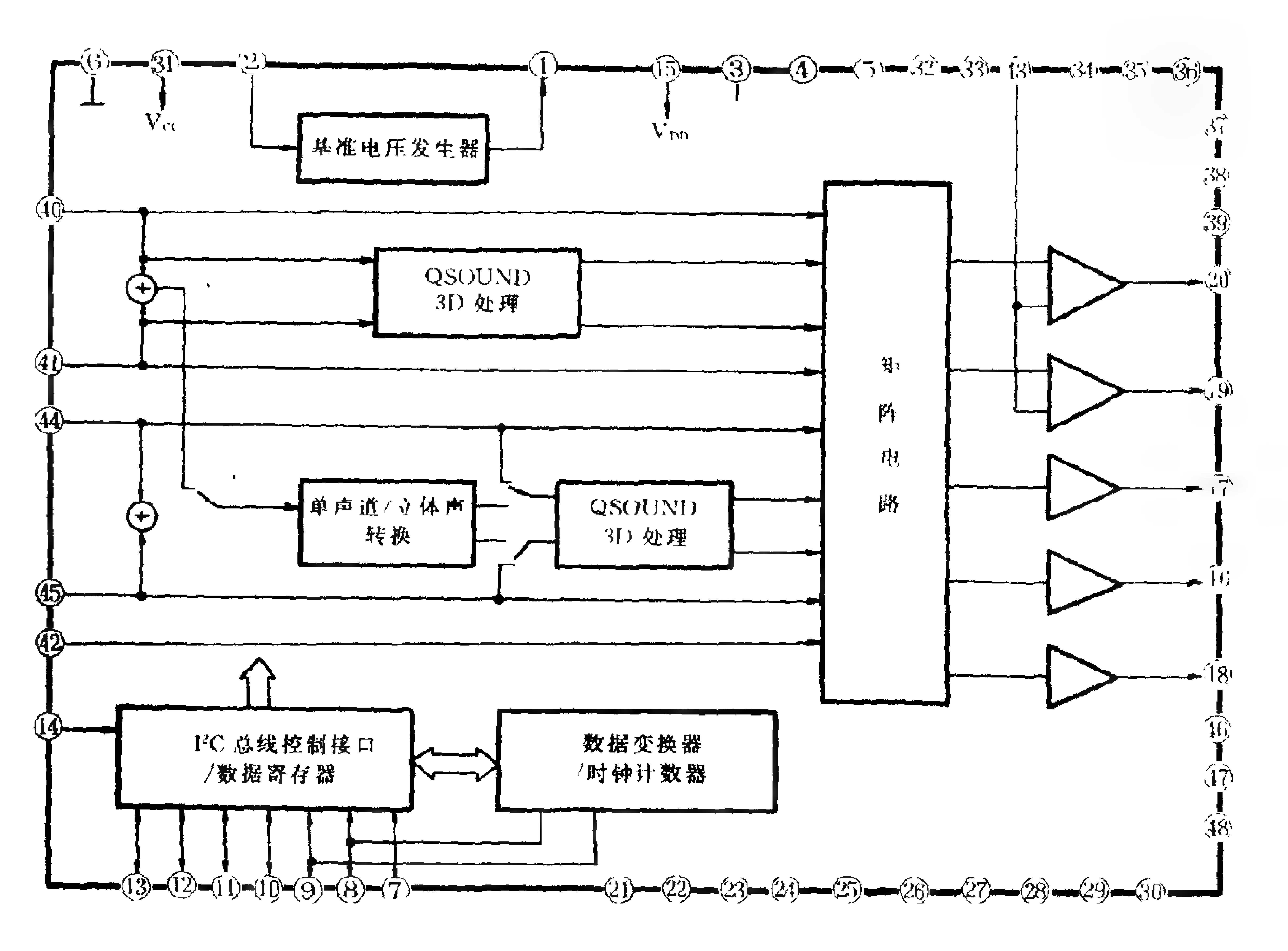


图 11－137　QS7777 内电路方框图

表 11-62　　QS7777 各引脚功能

引脚	符号	功能	引脚	符号	功能
①	V_{REF} OUT	基准电压输出端	㉕	QXAC5	外接电容
②	V_{REF} IN	基准电压输入端	㉖	QXBC1	
③	MSC3	外接电容	㉗	QXBC2	
④	MSC2		㉘	QXBC3	
⑤	MSC1		㉙	QXBC4	
⑥	GND	接地端	㉚	QXBC5	
⑦	PSAVE/STRB	I^2C 总线控制/并行数据控制端	㉛	V_{CC}	模拟电源端
⑧	MUTE/SCL		㉜	QXCC1	外接电容
⑨	SPREAD/SDA		㉝	QXCC2	
⑩	AC	并行数据控制端	㉞	QXCC3	
⑪	AR		㉟	QXCC4	
⑫	MO		㊱	QXDC1	
⑬	BYP		㊲	QXDC2	
⑭	P/S	I^2C 总线与并行数据控制转换端	㊳	QXDC3	
⑮	V_{DD}	数字电源端	㊴	QXDC4	
⑯	RR OUT	右环绕声道输出端	㊵	FL IN	前置左声道输入端
⑰	RL OUT	左环绕声道输出端	㊶	FR IN	前置右声道输入端
⑱	C OUT	中置声道输出端	㊷	C IN	中置声道输入端
⑲	FR OUT	前置右声道输出端	㊸	SUB IN	超重低音声道输入端
⑳	FL OUT	前置左声道输出端	㊹	RL IN	左环绕声道输入端
㉑	QXAC1	外接电容	㊺	RR IN	右环绕声道输入端
㉒	QXAC2		㊻	MSC4	外接电容
㉓	QXAC3		㊼	MSC5	
㉔	QXAC4		㊽	MSC6	

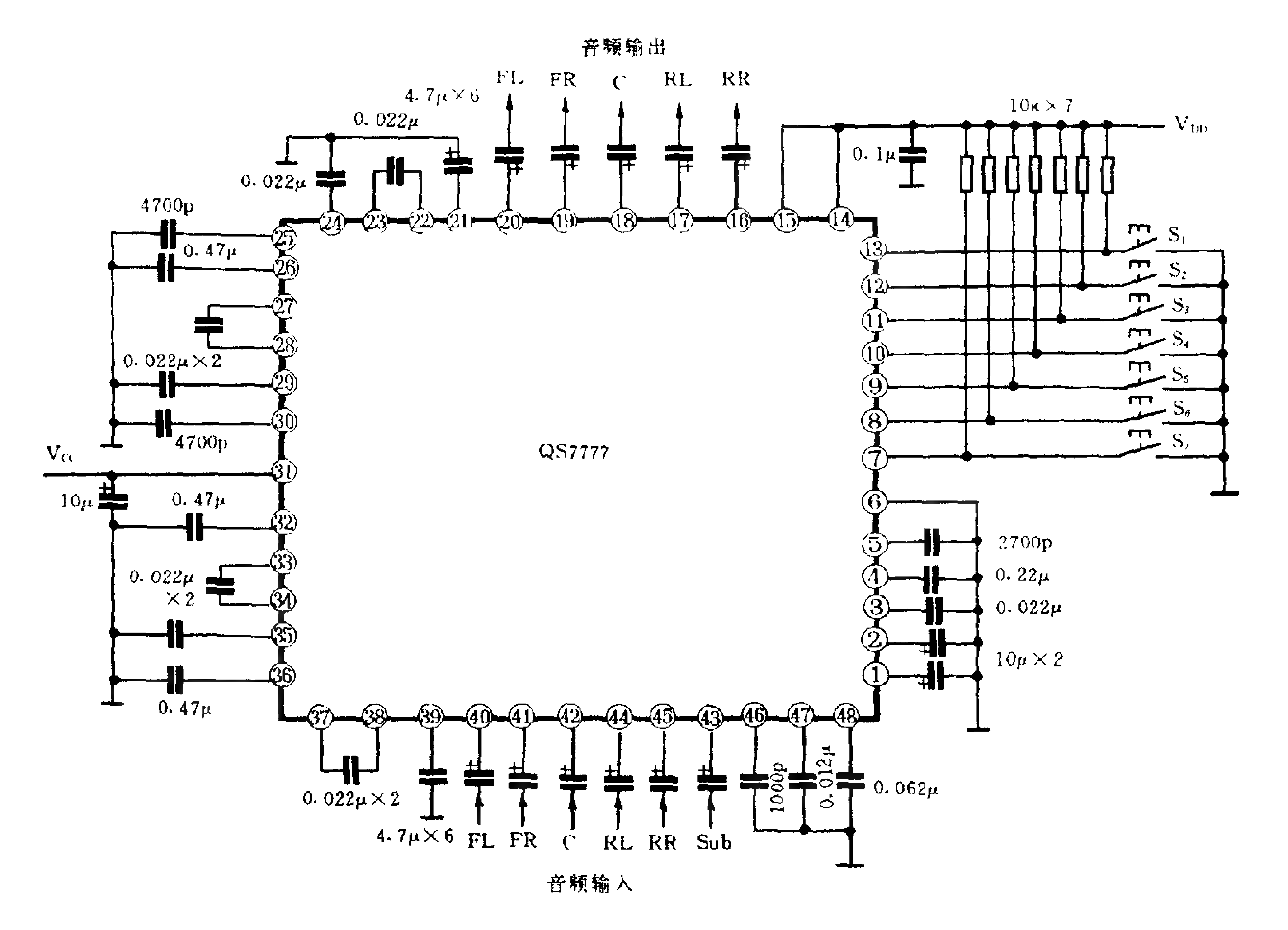


图 11－138　QS7777 应用电路

20. MED25006 虚拟杜比数字环绕声处理集成电路

MED25006 是 Medianix 公司的全数字环绕声处理集成电路，能将杜比矩阵编码环绕立体声信号进行解码，并产生 2.1 声道 PCM(脉冲编码调制)数字 3D 音频信号。其内部由 DSP 数字声音处理器、微处理器接口、数据 RAM 存储器、程序 ROM 存储器、定时发生器等组成，如图 11－139 所示，各引脚功能见表 11－63。

MED25006 的主要特性：

可用于 2.0、2.1 虚拟杜比环绕声或 4.0、4.1 声道杜比定向逻辑，用作虚拟杜比环绕声处理时，可用两个扬声器产生 360°环绕，也可通过两个扬声器进行实时前面声道播放，还可选超重低音(4 声道)数字输出。用作杜比定向逻辑解码时，可输出 L、R、SL、SR、C、Sub(前置左、前置右、左环绕、右环绕、中置、超重低音)6 种数字信号，数字环绕延迟最大 30ms；不需要外部存储器；内部自动平衡输入信号。用作杜比三维立体声处理时，可输出 L、R、C、Sub(前置左、前置右、中置、超重低音)3.1 声道信号。还可进行单声道到模拟立体声的转换及 24 位定点数字信号处理，不需要数据 DSP，外部自动平衡输入信号。

MED25006 的工作电压＋4.75V～＋5.25V，工作电流 90mA(最大为 125mA)，其应用电路如图 11－140 所示。

21. TC9409BF DSP 环绕声处理集成电路

TC9409BF 是日本东芝公司生产的强功能 DSP 环绕声处理集成电路，内部由 3CH 模/数转换、2CH 数/模转换、延迟 RAM、数字信号处理器、时钟发生器、微机接口、数据 I/O 接口电路等组成，如图 11－141 所示，其各引脚功能见表 11－64。

TC9409BF 的主要特性：可通过外加数/模变换器来实现 6 声道环绕声信号输出(包括前置左、前置右、中置、左环绕、右环

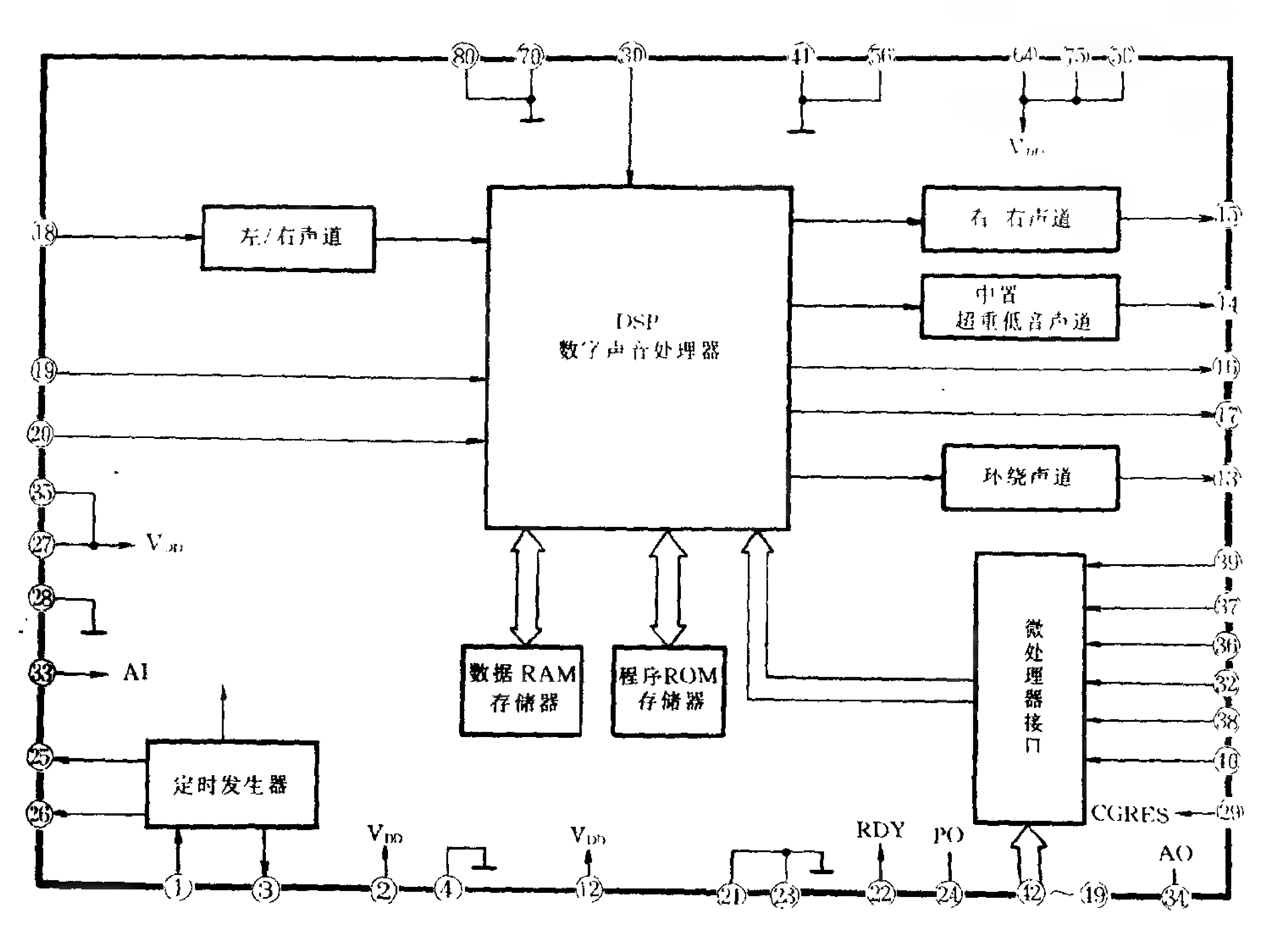


图 11－139 MED25006 内电路方框图

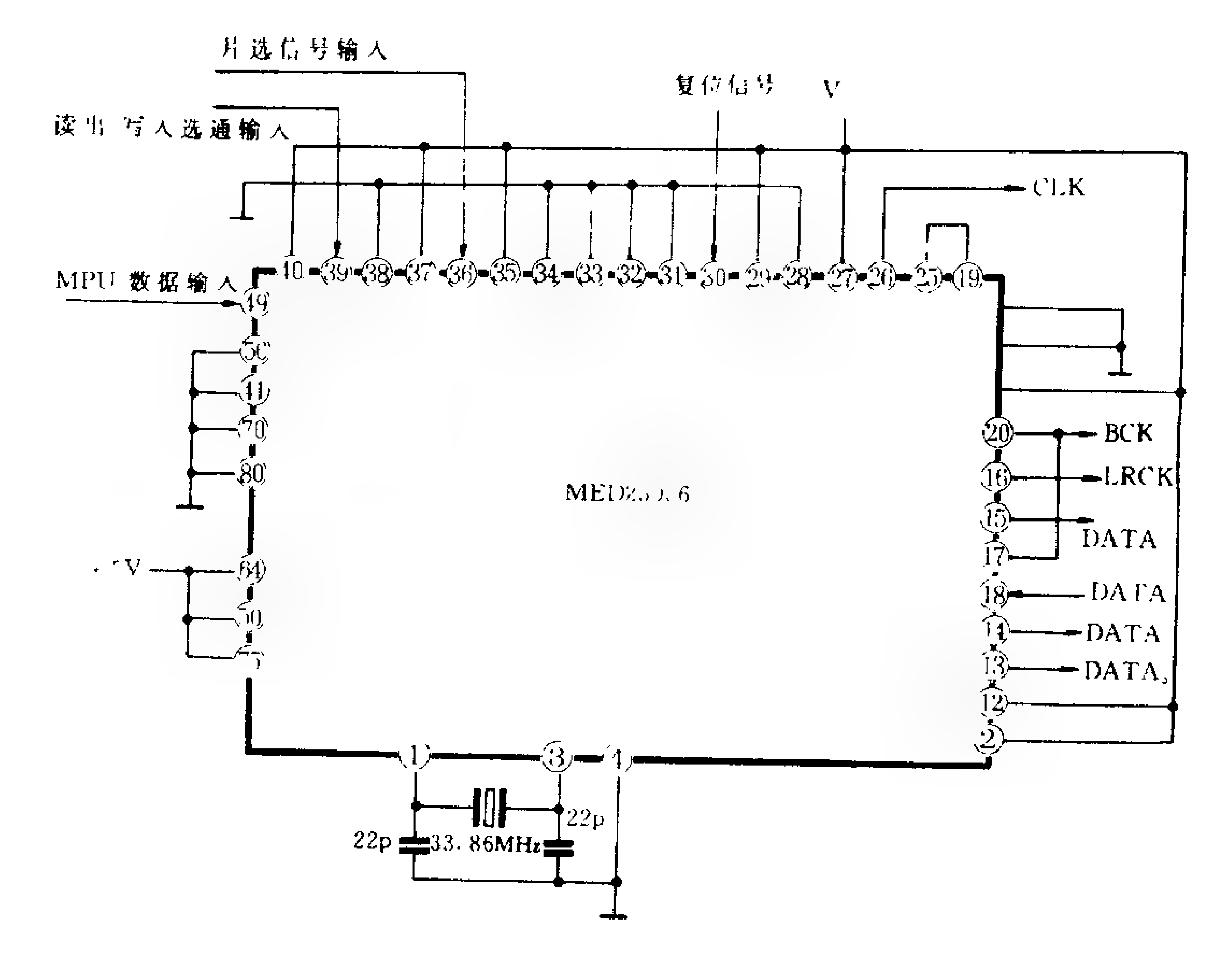


图 11－140　MED25006 应用电路

表 11－63　　　　MED25006 各引脚功能

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	XI	晶振信号输入端	⑮	SDO1	数字音频（前置左、右）串行输出端
②	V_{DD}	电源端			
③	XO	晶振信号输出端	⑯	LRO	左/右声道帧时钟输出端
④	V_{SS}	接地端			
⑤～⑪	NC	空脚	⑰	SCKO	数字音频串行时钟输出端
⑫	V_{DD}	电源端			
⑬	SDO3	数字音频（左、右环绕）串行输出端	⑱	SDI	数字音频串行数据输入端
⑭	SDO2	数字音频（中置与超重低音）串行输出端	⑲	LRI	左/右声道帧时钟输入端

续表

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
⑳	SCKI	数字音频串行时钟输入端	㊴	$\overline{WR}$	读出/写入选通输入端
			㊵	$\overline{RD}$	
㉑	V_{SS}	接地端	㊶	V_{SS}	接地端
㉒	RDY	测试端	㊷	D7	MPU 数据并行输入端
㉓	V_{SS}	接地端	㊸	D6	
㉔	PO	测试端	㊹	D5	
㉕	ADSCK	A/D、D/A 转换器串行时钟信号输出端	㊺	D4	
			㊻	D3	
㉖	ADMCK	A/D、D/A 转换器主时钟信号输出端	㊼	D2	
			㊽	D1	
㉗	V_{DD}	电源端	㊾	D0	
㉘	V_{SS}	接地端	㊿	V_{DD}	电源端
㉙	CGRES	测试端	(51)～(55)	NC	空脚
㉚	$\overline{RES}$	复位信号输入端	(56)	V_{SS}	接地端
㉛	ENEXT	测试端	(57)～(63)	NC	空脚
㉜	$\overline{SEN}$	MPU 串行接口选通输入端	(64)	V_{DD}	电源端
			(65)～(69)	NC	空脚
㉝	AI	测试端	(70)	V_{SS}	接地端
㉞	AO	测试端	(71)～(74)	NC	空脚
㉟	V_{DD}	电源端	(75)	V_{DD}	电源端
㊱	CSO	片选信号输出端	(76)～(79)	NC	空脚
㊲	CSI	片选信号输入端	(80)	V_{SS}	接地端
㊳	SEL68	MPU 接口方式选择端			

表 11－64　　TC9409BF 各引脚功能

引脚	符　号	功　能
①	VDA1	数/模转换器电源端
②	MIC1	话筒低通滤波器输入端
③	LPFO1	话筒低通滤波器输出端
④	VRA1	模/数转换器参考电压端
⑤	AIL	左声道线路输入低通滤波器输入端
⑥	LPFO2	左声道线路输入低通滤波器输出端
⑦	VRA2	模/数转换器参考电压端
⑧	AIR	右声道线路输入低通滤波器输入端
⑨	LPFO3	右声道线路输入低通滤波器输出端
⑩	GNDA1	模/数转换器接地端
⑪	LI	左声道模拟信号附加输出端
⑫	LZ	左声道数字输入 0 检测端
⑬	GNDA2	数/模转换器接地端
⑭	AOL	左声道数/模转换器输出端
⑮	VR2	数/模转换器参考电压端
⑯	AOR	右声道数/模转换器输出端
⑰	VDA2	数/模转换器电源端
⑱	RZ	右声道数字输入 0 检测端
⑲	RI	右声道模拟信号附加输入端
⑳	VDX	时钟振荡器电源端
㉑	XI	时钟振荡器输入端
㉒	XO	时钟振荡器输出端
㉓	GNDX	时钟振荡器接地端
㉔	V_{DD1}	数字电路电源端
㉕	CKS	主时钟频率选择端

续表

引脚	符　　号	功　　能
㉖	MCK2	1/2 分频时钟输出端
㉗	MCK1	振荡器时钟输出端
㉘	SDO	数字音频数据输出端
㉙	BCKO	比特时钟输出端
㉚	LRCKO	通道时钟输出端
㉛	SDI	数字音频信号输入端
㉜	BCK1	比特时钟输入端
㉝	LRCK1	通道时钟输入端
㉞	GNDD	数字电路接地端
㉟	$\overline{RESET}$	复位端
㊱	IFD	微机接口数据输入端
㊲	IFS	微机接口移位时钟输入端
㊳	IFL	微机接口锁定脉冲输入端
㊴	EMP	去加重滤波器设定端
㊵	$\overline{EXTO}$	扩展输出口
㊶	TEST	测试端
㊷	V_{DD2}	数字电路电源端
㊸	VDL	DRAM 电源端
㊹	GNDL	DRAM 接地端

绕和超重低音);具有超级电影院和超级音乐厅模式,可仿真电影院声场效果和教堂、大厅、迪斯科、运动场、爵士乐等声场效果;具有卡拉 OK(可实现话筒输入数码混响、14 级变调及原唱消除等)功能;整个芯片的信号处理功能均可通过微处理器的控制来实现。

图 11－142 是 TC9409BF 的应用电路。

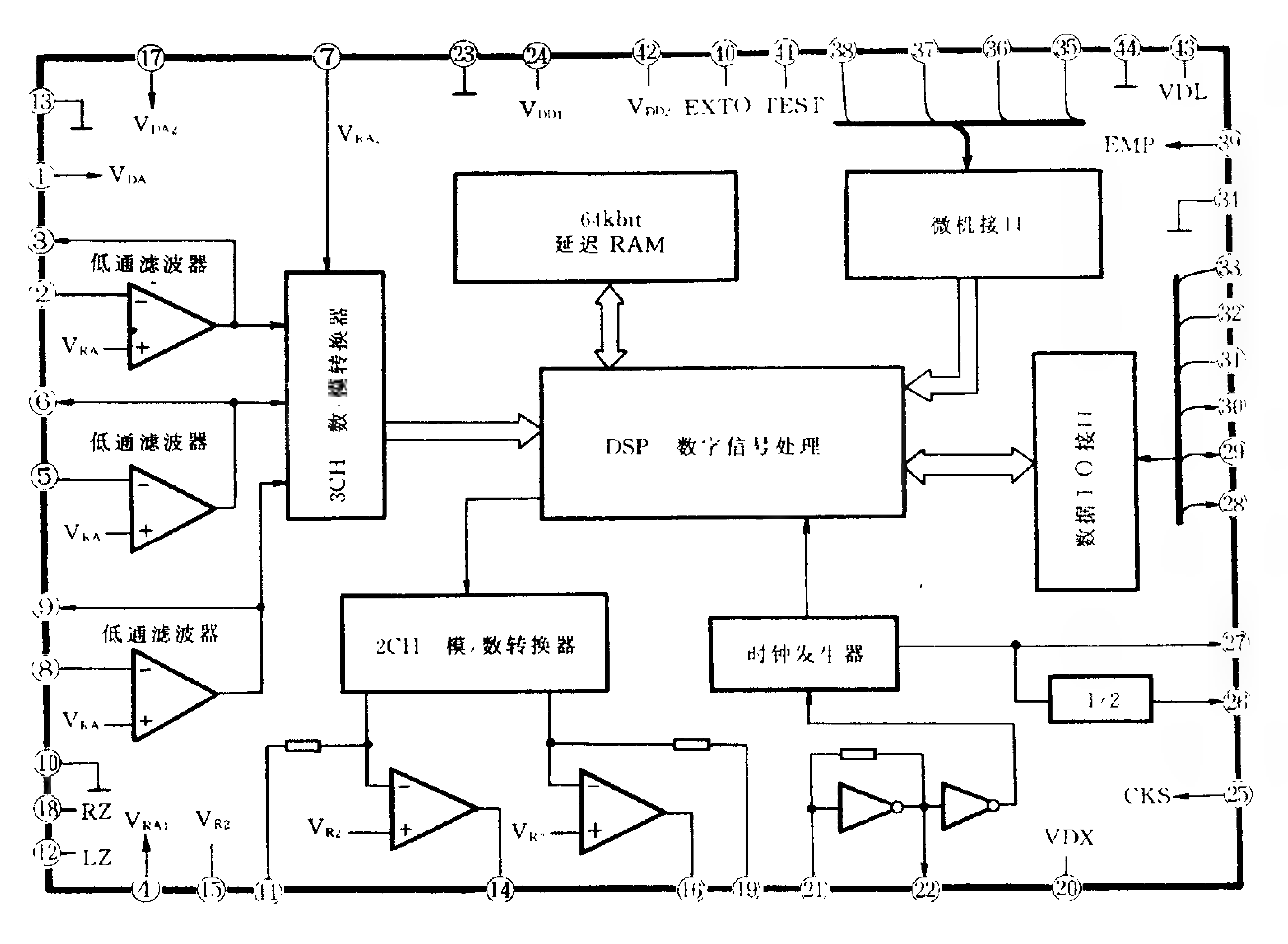


图 11－141 TC9409BF 内电路方框图

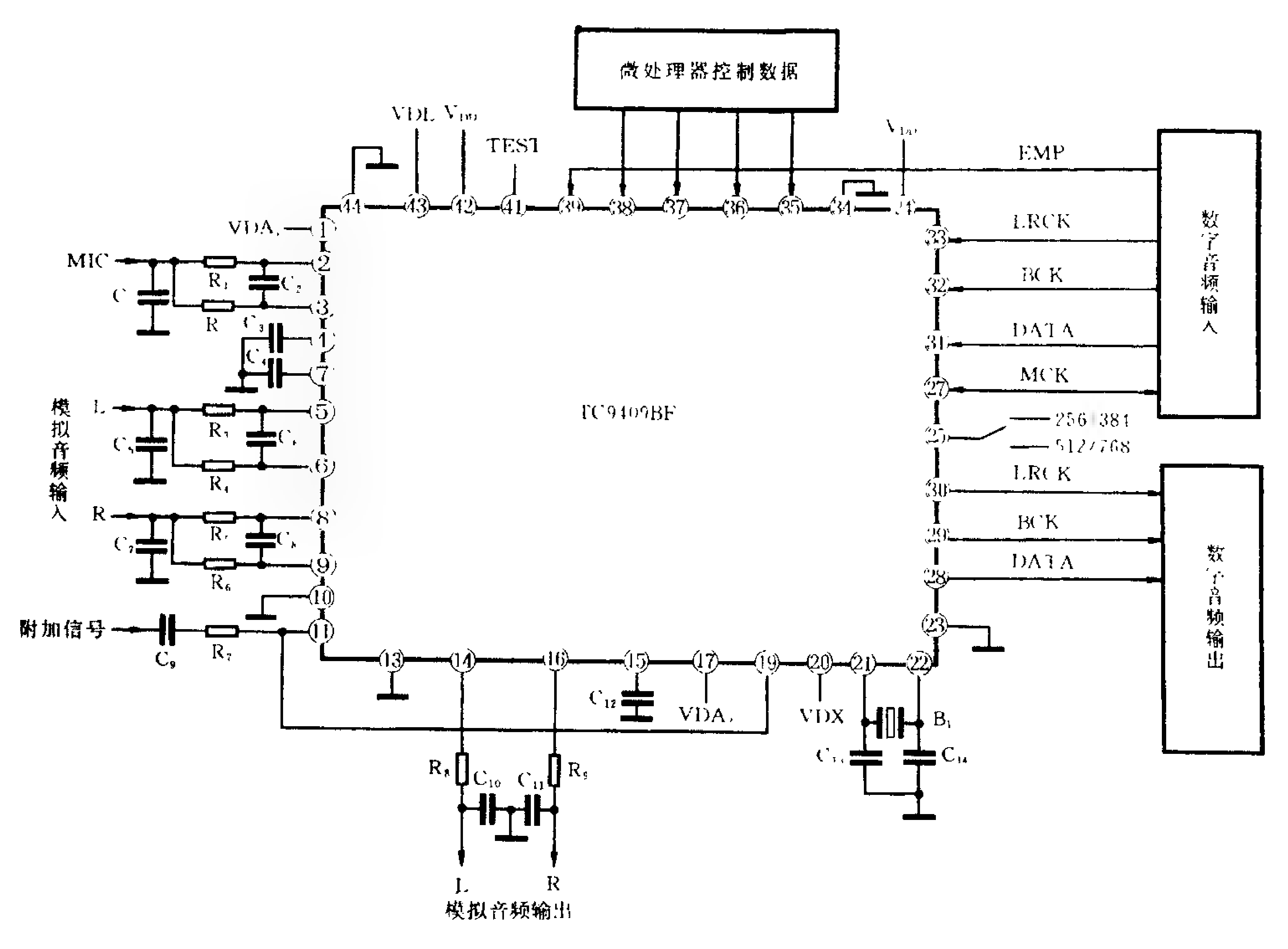


图 11－142　TC9409BF 应用电路

22. LV1010 杜比环绕声解码集成电路

LV1010 是日本三洋公司生产的被动式杜比环绕声解码集成电路，内部由固定式 L—R 矩阵、带内置内存(12K SRAM)的可变时间延迟、7kHz 低通滤波器和修正杜比 B 降噪器等组成，如图 11－143 所示，其各引脚功能见表 11－65。

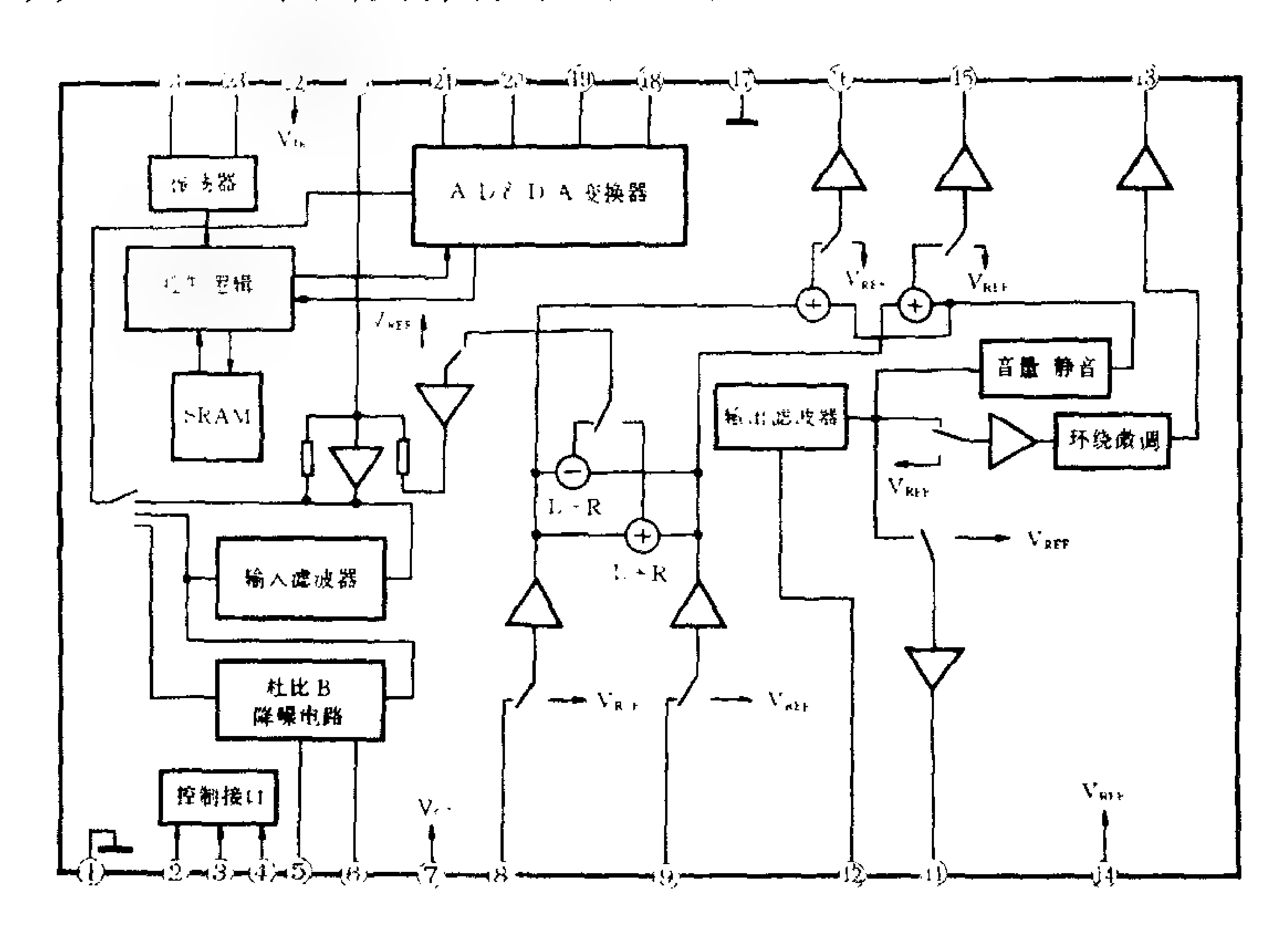


图 11－143　LV1010 内电路方框图

LV1010 采用 DIP 标准的双列直插式封装形式，其工作电压为＋9V，工作电流 30mA(典型值)，环绕声道信噪比为 70dB，左、右声道信噪比为 85dB。

主要特性：具有杜比被动式环绕声解码器的所有功能；可变的数码延迟时间具有相当高的工作精度(5ms～60ms)；模拟环绕声场处理；内置旁路开关电路，可以旁路降噪电路和 7kHz 低通滤波器；与 LA2785 相配合，可构成更完整的杜比定向逻辑环绕声系统。

图 11－144 是 LV1010 的应用电路。

表 11－65 LV1010 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	V_{SS}	接地端	⑫	DC CUT	外接滤波电容
②	CLOCK	时钟信号输入端	⑬	S-OUT	环绕声输出端
③	DATA	数据信号输入端	⑭	V_{REF}	基准电压端
④	ENABLE	启动信号输入端	⑮	R OUT	右声道输出端
⑤	C	内接杜比 B 降噪电路，外接电容	⑯	L OUT	左声道输出端
⑥	R	内接杜比 B 降噪电路，外接电阻	⑰	A GND	模拟电路接地端
⑦	V_{CC}	模拟电路电源端	⑱	C1	内接 A/D 与 D/A 转换器，外接电容
⑧	L IN	左声道音频输入端	⑲	C2	内接 A/D 与 D/A 转换器，外接电容
⑨	R IN	右声道音频输入端	⑳	C3	内接 A/D 与 D/A 转换器，外接电容
⑩	S IN	低通滤波器输入端/环绕声道音频信号输入端	㉑	C4	内接 A/D 与 D/A 转换器，外接电容
⑪	DELAYOUT	延时输出端	㉒	V_{DD}	数字电路电源端
			㉓	XI	振荡器输入端
			㉔	XO	振荡器输出端

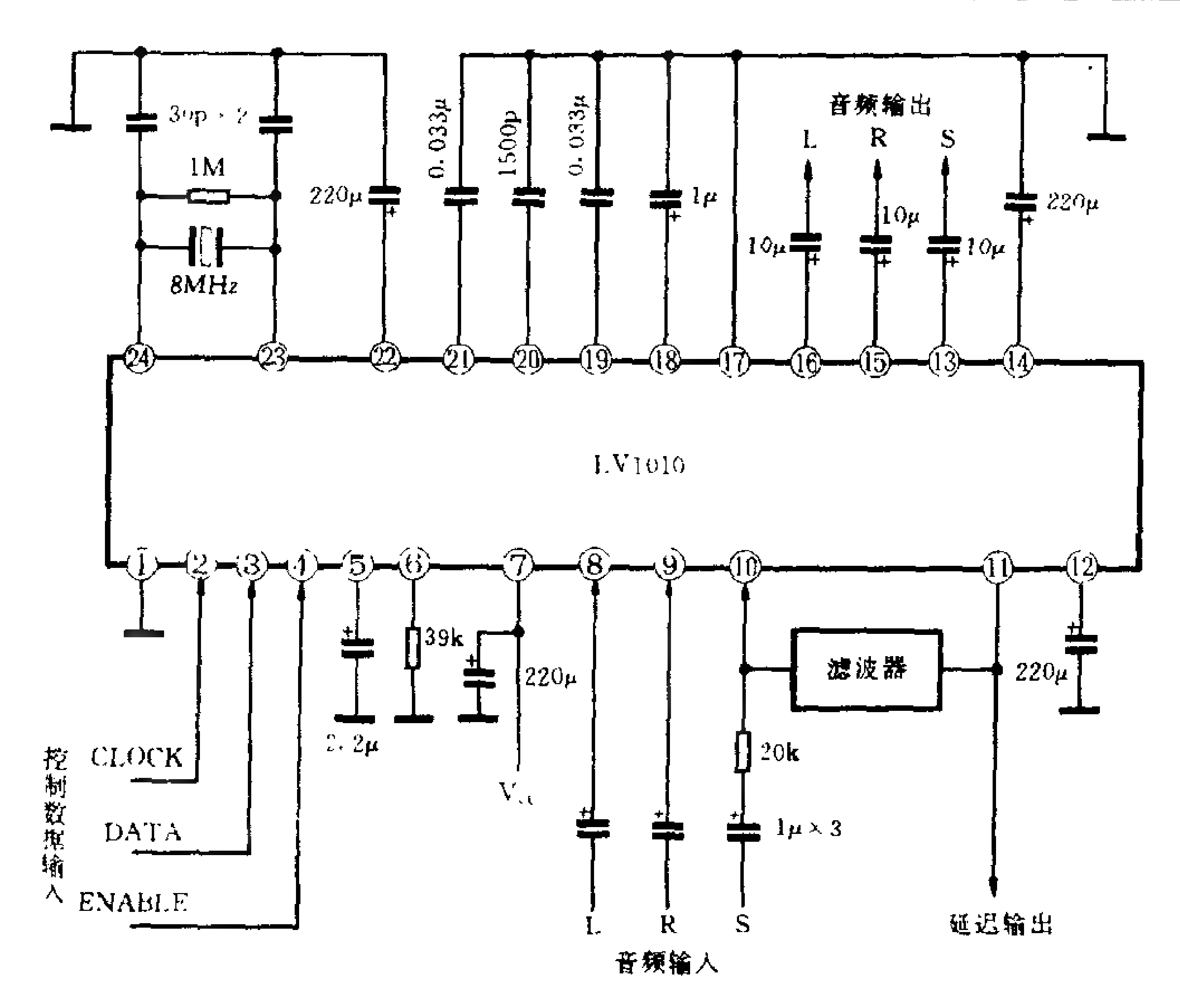


图 11－144 LV1010 应用电路

23. LA2785 杜比定向逻辑环绕声解码集成电路

LA2785 是日本三洋公司生产的具有杜比定向逻辑环绕声解码功能的双极性数字模拟混合 LSI 大规模集成电路，内部由自适应矩阵、中置声道模式控制、4 声道/3 声道逻辑控制、噪声序列发生器、数码自动平衡控制及中置电平微调等电路组成，如图 11－145 所示，其各引脚功能见表 11－66。

表 11－66　　LA2785 各引脚功能

引脚	符　号	功　　能	引脚	符　号	功　　能
①	NOICNT1	内接噪声滤波器，外接电容	㉒	RECT OUT4	内接对数差分放大器，外接电容
②	NOICNT2		㉓	RECT OUT5	
③	REF1	基准电压端	㉔	RECT OUT6	
④	MUTE	内接静音电路，外接电容	㉕	RECT TC5	内接整流电路，外接电容
			㉖	RECT TC6	
⑤	CEN CNT1	内接中置声道模式控制，外接电容	㉗	RECT TC7	
⑥	CEN CNT2		㉘	RECT TC8	
⑦	CEN CNT3		㉙	BPF IN	带通放大器输入端 2
⑧	REF2	基准电压端	㉚	BPF OUT	带通放大器输出端 2
⑨	L IN	左声道输入端	㉛	LPF OUT	低通滤波器输出端 2
⑩	R IN	右声道输入端	㉜	CEN CNT	内接中置微调，外接电容
⑪	GND	接地端	㉝	CEN MODE	内接中置声道模式控制，外接电容
⑫	LPF OUT	低通滤波器输出端 1			
⑬	BPF OUT	带通放大器输出端 1	㉞	C OUT	中置声道输出端
⑭	BPF IN	带通放大器输入端 1	㉟	S OUT	环绕声道输出端
⑮	RECT TC1	内接整流电路，外接电容	㊱	R OUT	右声道输出端
⑯	RECT TC2		㊲	L OUT	左声道输出端
⑰	RECT TC3		㊳	V_{CC}	电源端
⑱	RECT TC4		㊴	OSC	内接振荡器，外接电容
⑲	RECT OUT1	内接对数差分放大器，外接电容	㊵	EN ABLE	启动信号输入端
⑳	RECT OUT2		㊶	DATA	数据信号输入端
㉑	RECT OUT3		㊷	CLOCK	时钟信号输入端

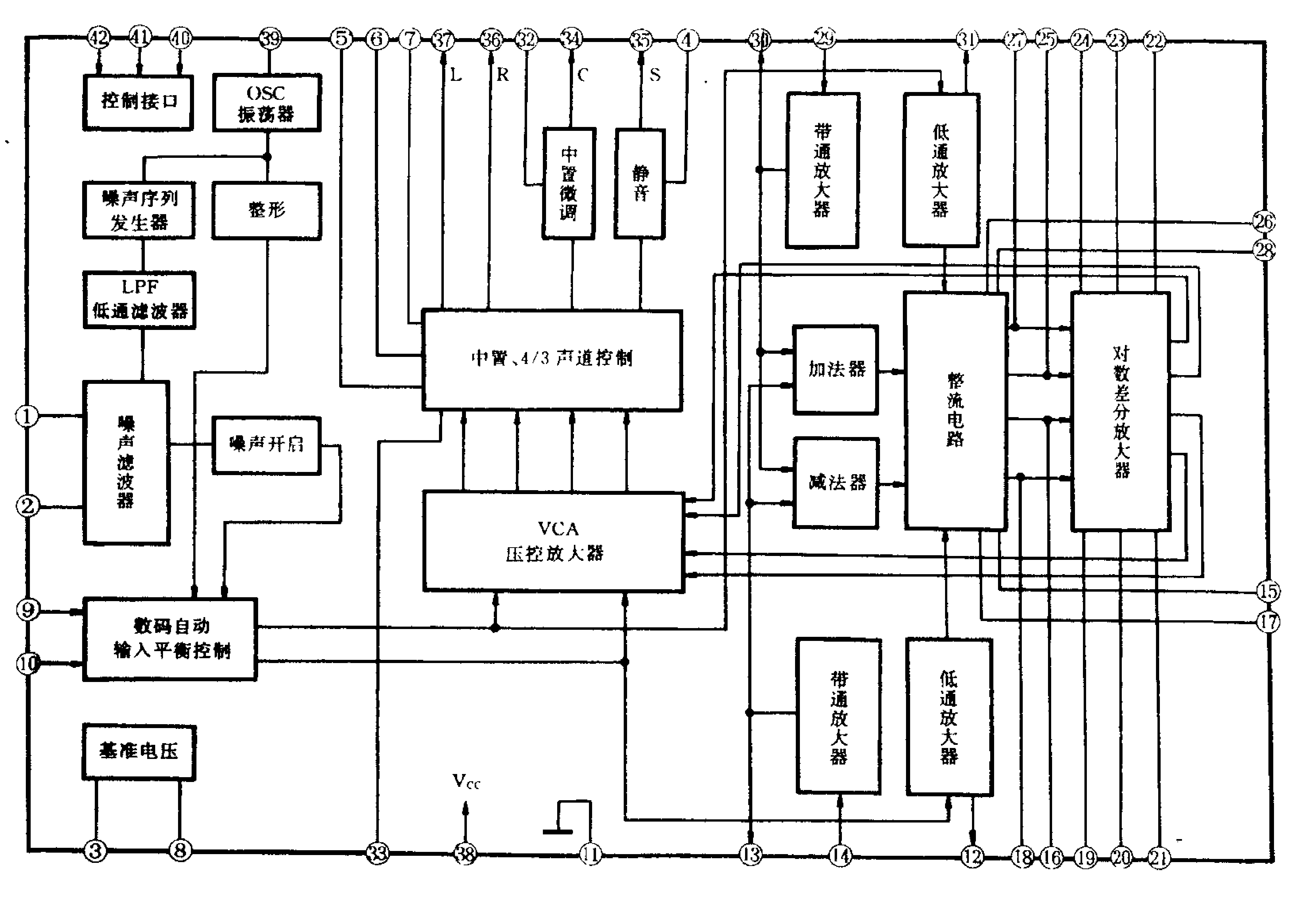


图 11－145　LA2785 内电路方框图

LA2785 采用 42 脚 DIP 双列直插式外形封装，工作电压为 +8V ~ +10V(+9V 时最佳)，功率消耗 900mW(最大)，杜比电平 300mV，工作温度 -20℃ ~ 70℃。

它可以通过使用数码控制电路(参数控制经过串行数据接口)对噪声序列和自动平衡控制电路进行稳定的控制和操作，自动平衡电路能使杜比定向逻辑模式自动关闭。

图 11 - 146 是 LA2785 的应用电路。

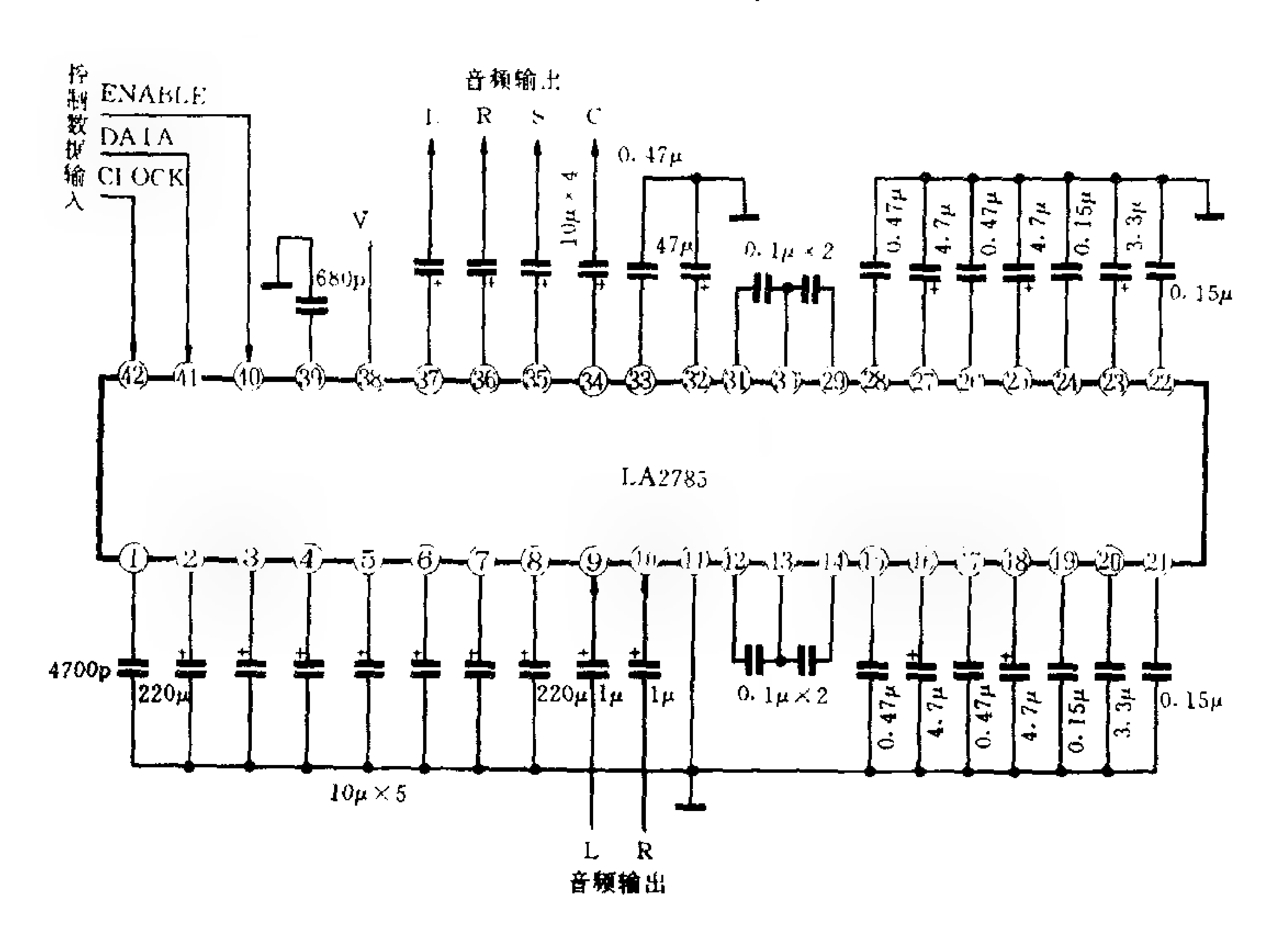


图 11 - 146 LA2785 应用电路

24. M69032P 杜比定向逻辑解码集成电路

M69032P 是日本三菱公司研制的杜比定向逻辑环绕声解码集成电路，内部由压控放大器、粉红噪声序列发生器、自动平衡放大器、输入缓冲放大器、中置工作模式控制、改进型杜比 B 降噪电路等组成，如图 11 - 147 所示，其各引脚功能见表 11 - 67。

图 11－147　M69032P 内电路方框图

表 11－67　　M69032P 各引脚功能

引脚	符　号	功　能
①	C·RECT·OUT	中置声道矩阵输出端
②	R·RECT·OUT	右声道矩阵输出端
③	L·RECT·OUT	左声道矩阵输出端
④	S·RECT·TC	外接电容，内接整流器
⑤	C·RECT·TC	外接电容，内接整流器
⑥	L·BPF·OUT	左声道带通滤波器输出端
⑦	L·BPF·IN	左声道带通滤波器输入端
⑧	L·RECT·TC	外接电容，内接整流器
⑨	R·BPF·OUT	右声道带通滤波器输出端
⑩	R·BPF·IN	右声道带通滤波器输入端
⑪	R·RECT·TC	外接电容，内接整流器
⑫	GND	接地端
⑬	AB·GATE	自动平衡伺服控制端
⑭	AB·HOLD·TC	外接电容，内接自动平衡伺服
⑮	L·AB·IN	左声道音频信号输入端
⑯	L·AB·OUT	左声道自动平衡放大器输出端
⑰	L·IN	左声道缓冲放大器输入端
⑱	L·INBUF·OUT	左声道缓冲放大器输出端
⑲	R·INBUF·OUT	右声道缓冲放大器输出端
⑳	R·IN	右声道缓冲放大器输入端
㉑	R·AB·OUT	右声道自动平衡放大器输出端
㉒	R·AB·IN	右声道音频信号输入端
㉓	NOISE·CNT·E	噪声序列测试开关控制端
㉔	NOISE·CNT·A	定向逻辑调配组合转换控制端
㉕	NOISE·CNT·B	定向逻辑调配组合转换控制端
㉖	NOISE·REF	噪声序列基准电压端
㉗	NOISE·HPF	噪声序列发生器高通滤波端
㉘	NOISE·LPF	噪声序列发生器低通滤波端
㉙	S'OUT	辅助环绕声道信号输出端
㉚	CENTER·CNT	中置声道有/无控制端
㉛	MODE·CNT	声道输出模式控制端
㉜	L·OUT	前置左声道信号输出端
㉝	R·OUT	前置右声道信号输出端
㉞	L＋R·OUT	辅助前置左声道信号输出端
㉟	L－R·OUT	辅助前置右声道信号输出端
㊱	CENTER·MODE	中置声道工作模式控制端
㊲	V_{CC}	电源端
㊳	C·OUT	中置声道信号输出端
㊴	S·OUT	后置环绕声道信号输出端
㊵	IREF	基准电流端

续表

引脚	符　号	功　能
㊶	NR·VCF	外接电容，内接杜比 B 降噪电路
㊷	NR·IN	杜比 B 降噪电路输入端
㊸	V_{REF}	基准电压端
㊹	V_{REF}	
㊺	NR·WT	外接电容，内接杜比 B 降噪电路
㊻	LPF·OUT	7kHz 低通滤波器输出端
㊼	LPF·INV·IN	7kHz 低通滤波器反相输入端
㊽	LPF·INV·IN	7kHz 低通滤波器正相输入端
㊾	NR·TC	外接电容，内接杜比 B 降噪电路
㊿	VLR·TC3	逻辑矩阵时间常数设置端
(51)	VCS·TC3	
(52)	VCS·TC2	
(53)	VCS·TC1	
(54)	VLR·TC1	
(55)	VLR·TC2	
(56)	S·RECT·OUT	环绕声道矩阵输出端

M69032P 是将普通固定矩阵相移变为自动控制排列矩阵，再经逻辑运算处理来加强各声道声场的方向性，提高声道间分离度。其工作过程是：杜比立体声编码的 LT、RT 双路信号中的一部分经 L＋R 和 L－R 两个简单矩阵衍生出 4 路信号，由 4 路全波整流后送入两个对数差分检测放大器进行比较，判断检测出前后、左右声场中的瞬时方向趋势和声压差。根据额定 6dB 声压差阀值门限和超过与否来自动选择逻辑电路参与工作的时间常数是 30ms 或 1s，从而自动跟踪声音特性的复杂变化。一般情况下，对于变化快（声压差大）的移动声场，便自动选择时间常数为 30ms 的逻辑矩阵电路，来适应声音时态的短促快捷，以突出声音动态和方向性。反之，则选择 1s 时间常数的逻辑矩阵电路，来体现声场的平衡和协调性。然后经两组极性分离电路后，由 8 组压控放大器控制要输出的左、右、中、环绕信号，与原 LT、RT 信号分量在压控放大器中作加极处理，改变其电平值后再与

LT、RT 在组合网络中加减运算，最终输出左、右、中置和环绕 4 路分离度较高的环绕立体声信号。

M69032P 的应用电路如图 11－148 所示。

25．YSS215 杜比定向逻辑环绕声场处理集成电路

YSS215 是日本雅马哈公司的一款内置杜比定向逻辑解码器的 DSP 数字声场处理器，内部由自动输入平衡电路、自适应矩阵、噪声序列发生器、7kHz 低通滤波器、修正杜比 B 降噪电路、A/D 变换器、D/A 变换器、外接 RAM 控制、CPU 接口、DSP 声场处理器等组成，如图 11－149 所示，其各引脚功能见表 11－68。

表 11－68　　　　YSS215 各引脚功能

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
①	CD	微机控制接口端	⑰	L INM	左声道信号输入端
②	TSBWD	测试输入端	⑱	R INM	右声道信号输入端
③	TI/O	T 控制数据输入/输出端	⑲	VOLM	前置左声道输出端
④	AV_{DD}	模拟电源端	⑳	VOLP	
⑤	RL	后置左环绕声道输出端	㉑	VOCM	中置声道输出端
⑥	FL	前置左环绕声道输出端	㉒	VOCP	
⑦	CHL	内接 A/D 变换器，外接电容	㉓	VORM	前置右声道输出端
⑧	LINS	左声道输入端	㉔	VORP	
⑨	RINS	右声道输入端	㉕	AV_{DD}	模拟电源端
⑩	CHR	内接 A/D 变换器，外接电容	㉖	DV_{DD}	数字电源端
⑪	FR	前置右环绕声道输出端	㉗	D7	数据信号输入/输出端
⑫	RR	后置右环绕声道输出端	㉘	D6	
⑬	CV	中点电压端	㉙	D5	
⑭	AGND	模拟接地端	㉚	D4	
⑮	AGND		㉛	D3	
⑯	V_{REF}	基准电压端	㉜	D2	

续表

引脚	符号	功　　能	引脚	符号	功　　能
㉝	D1	数据信号输入/输出端	㊽	A13	地址信号输出端
			㊾	A8	
㉞	D0		㊿	A9	
			51	A11	
㉟	A0	地址信号输出端	52	$\overline{OE}$	写入允许输出端
㊱	A1		53	A10	地址信号输出端
㊲	A2		54	$\overline{CS}$	片选信号输入端
㊳	A3		55	XO	时钟信号输出端
㊴	A4		56	XI	振荡器输入端
㊵	D GND	数字接地端	57	synci	同步输入端
㊶	D GND		58	DV_{DD}	数字电源端
㊷	A5	地址信号输出端	59	synco	同步输出端
㊸	A6		60	$\overline{IC}$	初始化清零端
㊹	A7		61	LRS	通道时钟输出端
㊺	A12		62	$\overline{CSS}$	片选信号输出端
㊻	A14		63	BCK	微机控制接口端
㊼	$\overline{WE}$	读/写控制输出端	64	WCK	

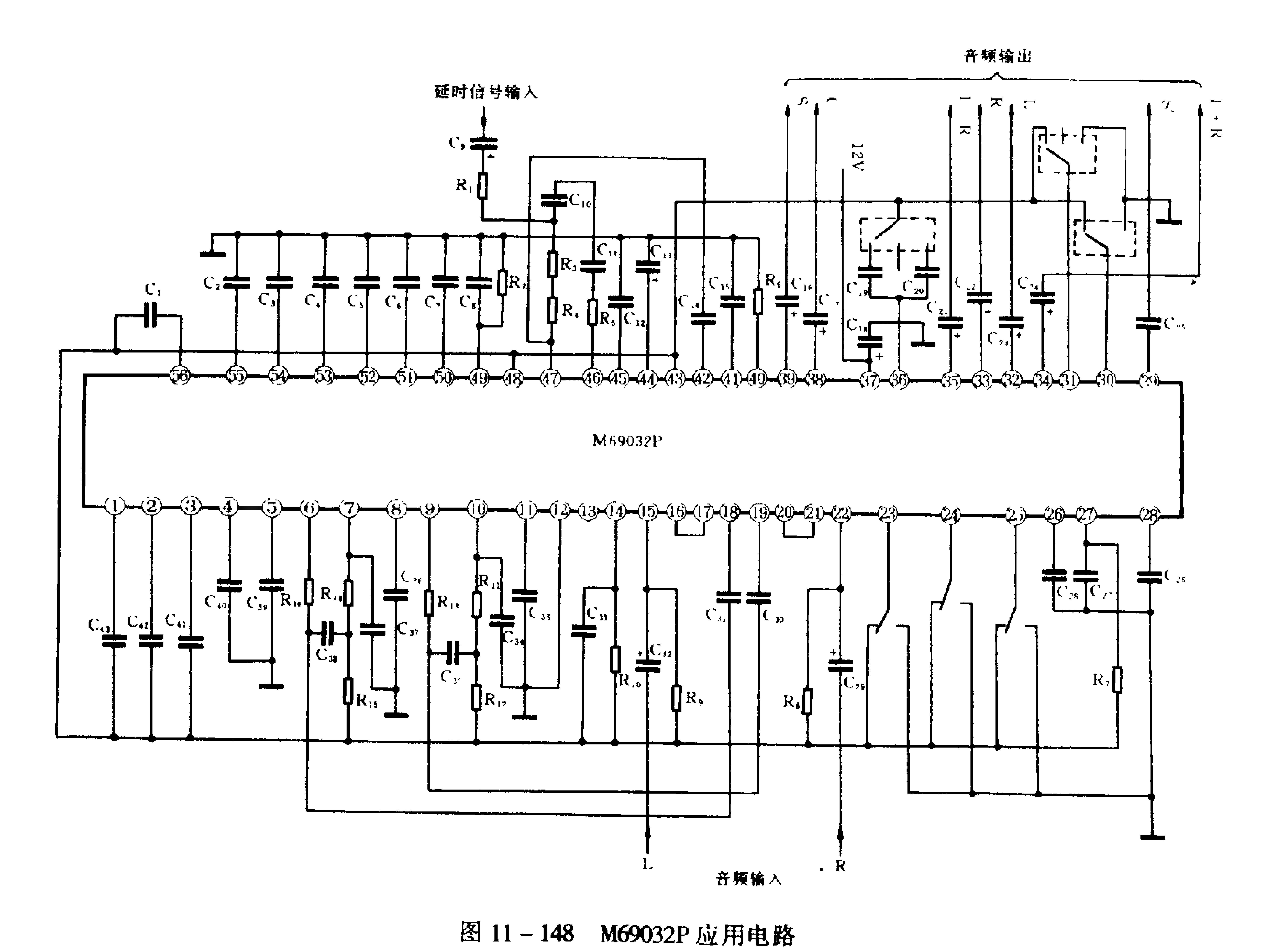


图 11－148　M69032P 应用电路

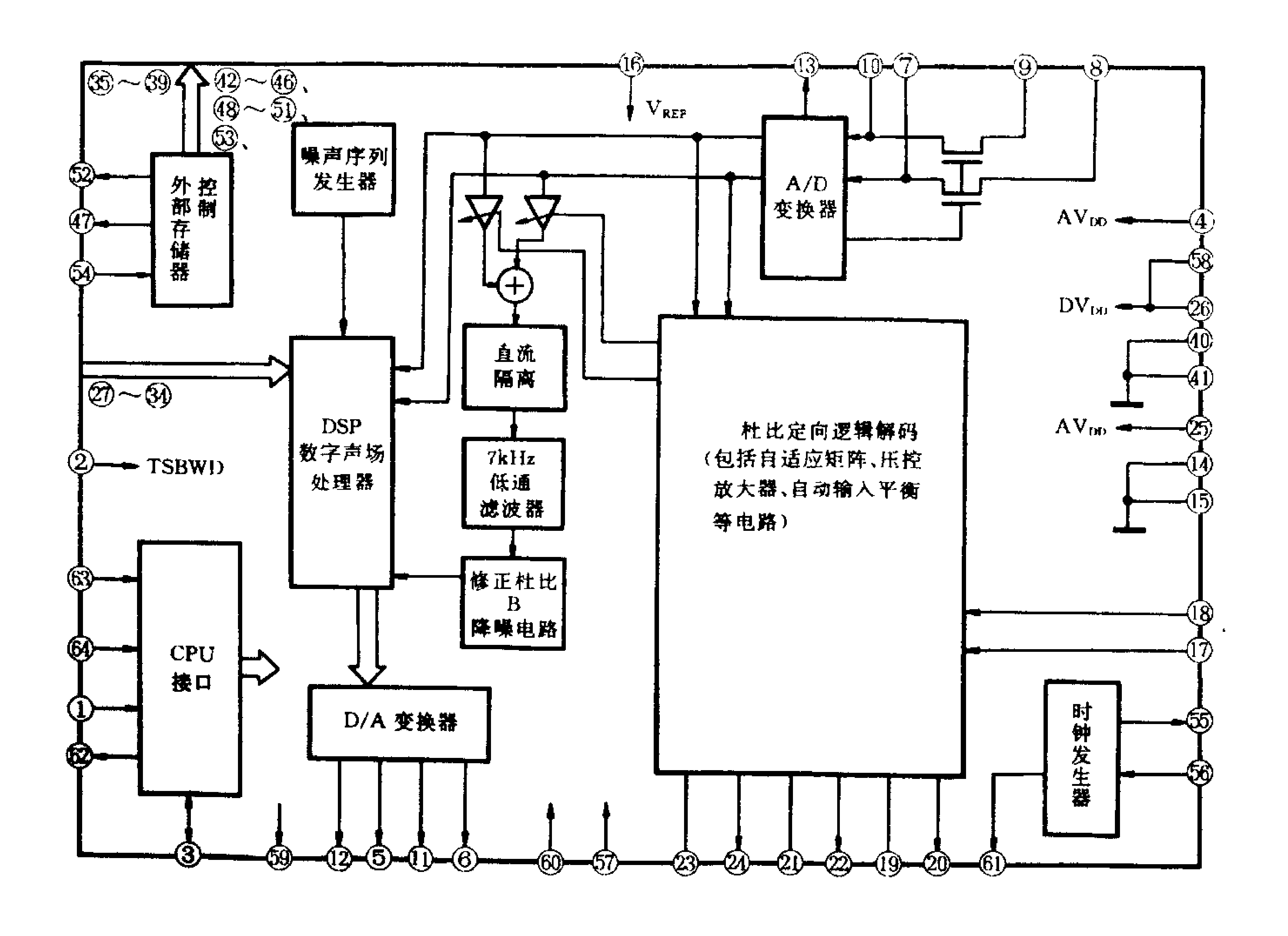


图 11－149　YSS215 内电路方框图

26. NJW1103 杜比定向逻辑解码集成电路

NJW1103 是新型大规模集成电路，除具有杜比定向逻辑环绕声解码器的输入平衡控制、矩阵解码、防混淆滤波器、7kHz 低通滤波器、修正杜比 B 型降噪、电平微调、噪音序列发生器等功能外，还设有数字声场处理功能和与单片机连接的接口电路。图 11－150 和图 11－151 分别是其内部功能方框图和内电路方框图，各引脚功能见表 11－69。

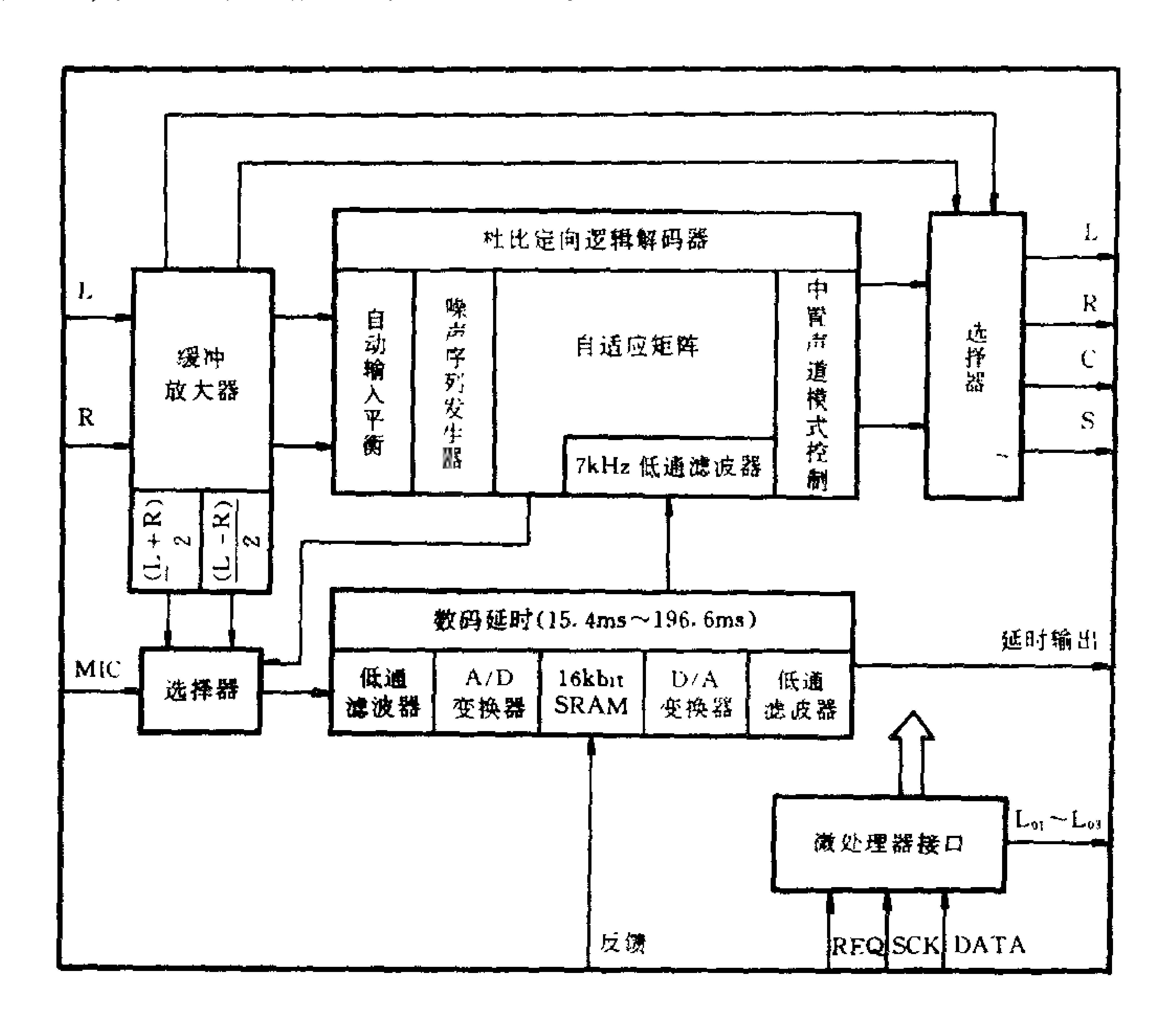


图 11－150　NJW1103 内部功能方框图

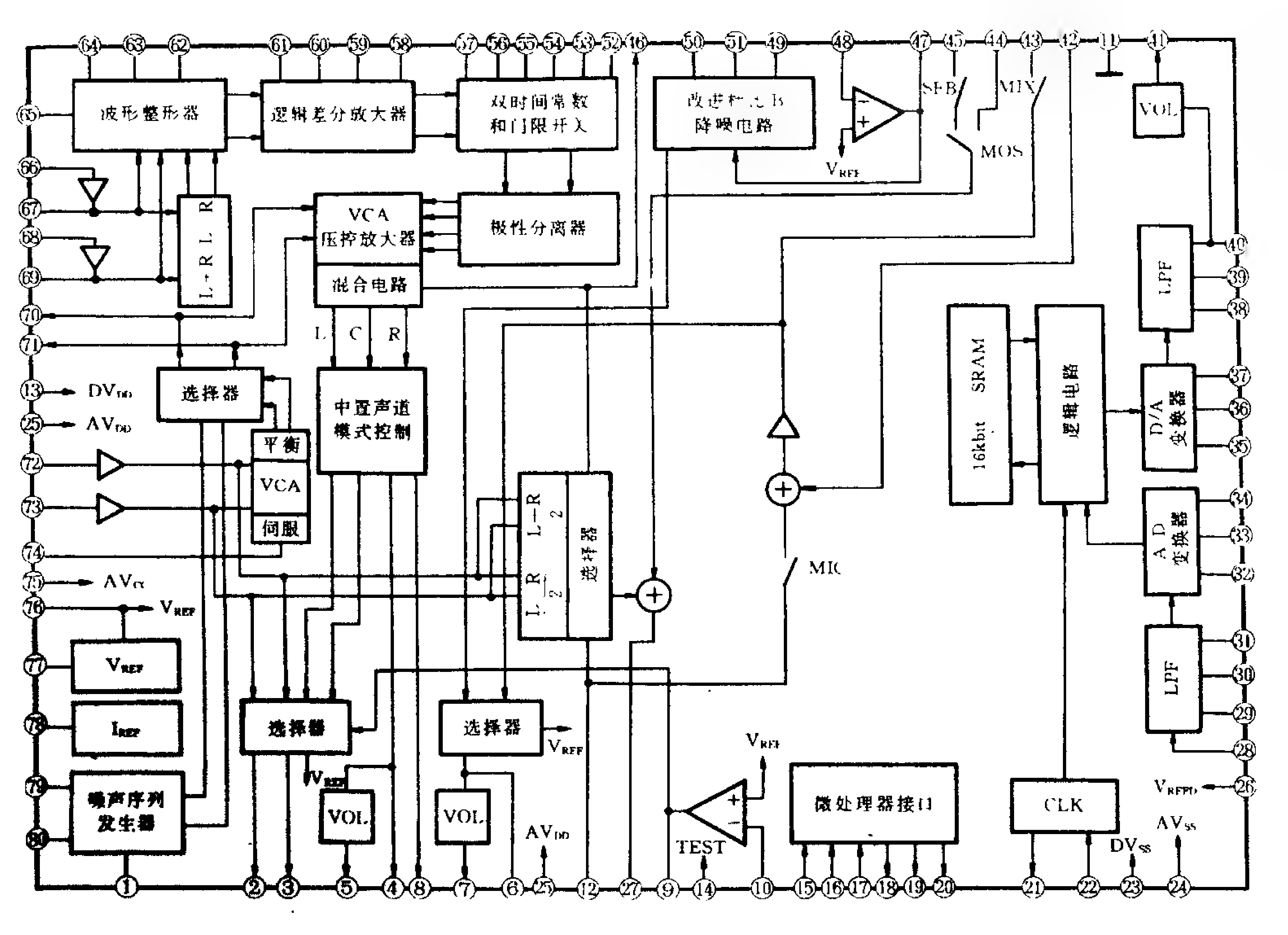


图 11－151　NJW1103 内电路方框图

表 11-69　　NJW1103 各引脚功能

引脚	符　号	功　能
①	NGC1	噪声发生器电容输出端
②	L OUT	左声道输出端
③	R OUT	右声道输出端
④	CT	中置声道测试端
⑤	C OUT	中置声道输出端
⑥	ST	环绕声道测试点
⑦	S OUT	环绕声道输出端
⑧	CMC	中置声道控制外接电容
⑨	SMRO	环绕声道反馈放大器输出端
⑩	SMRI	环绕声道反馈放大器输入端
⑪	A GND	模拟接地端
⑫	MIC IN	话筒信号输入端
⑬	D V_{DD}	数字电源端(+5V)
⑭	TEST CNT	测试控制接地端
⑮	DATA	来自 CPU 的数据信号输入端
⑯	SCK	来自 CPU 的时钟信号输入端
⑰	REQ	来自 CPU 的锁存信号输入端
⑱	L01	环绕声和混响声外接反馈控制电平
⑲	L02	
⑳	L03	
㉑	X IN	振荡器输入端
㉒	X OUT	振荡器输出端
㉓	D V_{SS}	数字接地端
㉔	A V_{SS}	模拟接地端
㉕	A V_{DD}	模拟电源端
㉖	VREFD	数字基准电压端
㉗	MIX OUT	混合信号输出端
㉘	DELY IN	音频延时输入端
㉙	LPF1 IN1	低通滤波器 1 输入端 1
㉚	LPF1 IN2	低通滤波器 1 输入端 2
㉛	LPF1 OUT	低通滤波器 1 输出端
㉜	A DINT IN	模拟转换输入端
㉝	ADINT OUT	模数转换输出端
㉞	AD CONT	模数转换控制端
㉟	DA CONT	数模转换控制端
㊱	DA INT IN	数模转换输入端
㊲	DA INT OUT	数模转换输出端
㊳	LPF2 IN1	低通滤波器 2 输入端 1
㊴	LPF2 IN2	低通滤波器 2 输入端 2
㊵	LPF2 OUT	低通滤波器 2 输出端

续表

引脚	符　号	功　能
41	VOL OUT	音量控制输出端
42	DELAY SIG IN	延时信号输入端
43	DELAY SIG OUT	延时信号输出端
44	FBIN EC	混响反馈信号输入端
45	FBIN SQ	环绕声反馈信号输入端
46	S OUT	环绕声信号(未延时)输出端
47	DBIN	杜比降噪信号输入端
48	LPIN	低通信号输入端
49	DBC1	杜比 B 降噪外接电容
50	DBC2	
51	DBC3	
52	PSC3	外接极性分隔时间常数电容
53	PSC6	
54	PSC2	
55	PSC5	
56	PSC1	
57	PSC4	
58	RLC5	外接滤波电容
59	RLC2	
60	RLC1	
61	RLC4	
62	RLC7	
63	RLC3	
64	RLC8	
65	RLC6	
66	LLI	左声道低通输入端
67	LBPF	左声道输出反馈端
68	RLI	右声道低通输入端
69	RBPF	右声道低通反馈端
70	LT	左声道信号输出端
71	RT	右声道信号输出端
72	L IN	左声道信号输入端
73	R IN	右声道信号输入端

续表

引脚	符　号	功　能
⑭	HOLDC	峰值保持外接电容
⑮	AV_{CC}	模拟电源端(+9V)
⑯	VREFA	模拟基准电压端
⑰	VREFG	模拟基准电压接地端
⑱	IREF	基准电流端
⑲	NGC3	噪声发生器外接电容
⑳	NGC2	噪声发生器外接电容

左、右声道的音频信号分别从 NJW1103⑫脚和⑬脚输入,经缓冲放大后加至自动输入平衡控制器,修正两声道的输入平衡误差后,加入定向逻辑矩阵解码器进行混合和分析定向、矩阵解码,产生 L、R、C、S 四个声道信号。L、C、R 三个通道经中心声道模式转换开关和电平微调后,输出环绕声,再经低通滤波、A/D 转换、数字延时、D/A 转换、低通滤波及杜比 B 降噪等处理后,经电平微调输出。

图 11－152 是 NJW1103 的应用电路。

四、功率放大电路

功率放大电路有集成电路式、晶体管式、场效应管式、电子管式和混合式几种。下面分别介绍各种类型的典型应用电路。

1. 电子管功率放大电路

图 11－153 是一款 30W 全电子管功率放大电路。电路中,VT_1 是输入缓冲/前置电压放大管,VT_2 是倒相/末前级电压放大管,VT_3、VT_4 是推挽功放管。C_5～C_8、R_8～R_{10}、RP_2、RP_3 等组成的阻容分压式双音调控制电路,接于前置级和末前级之间,对音源的高、低音频分别进行衰减或提升控制。RP_2 为低音调节电位器,

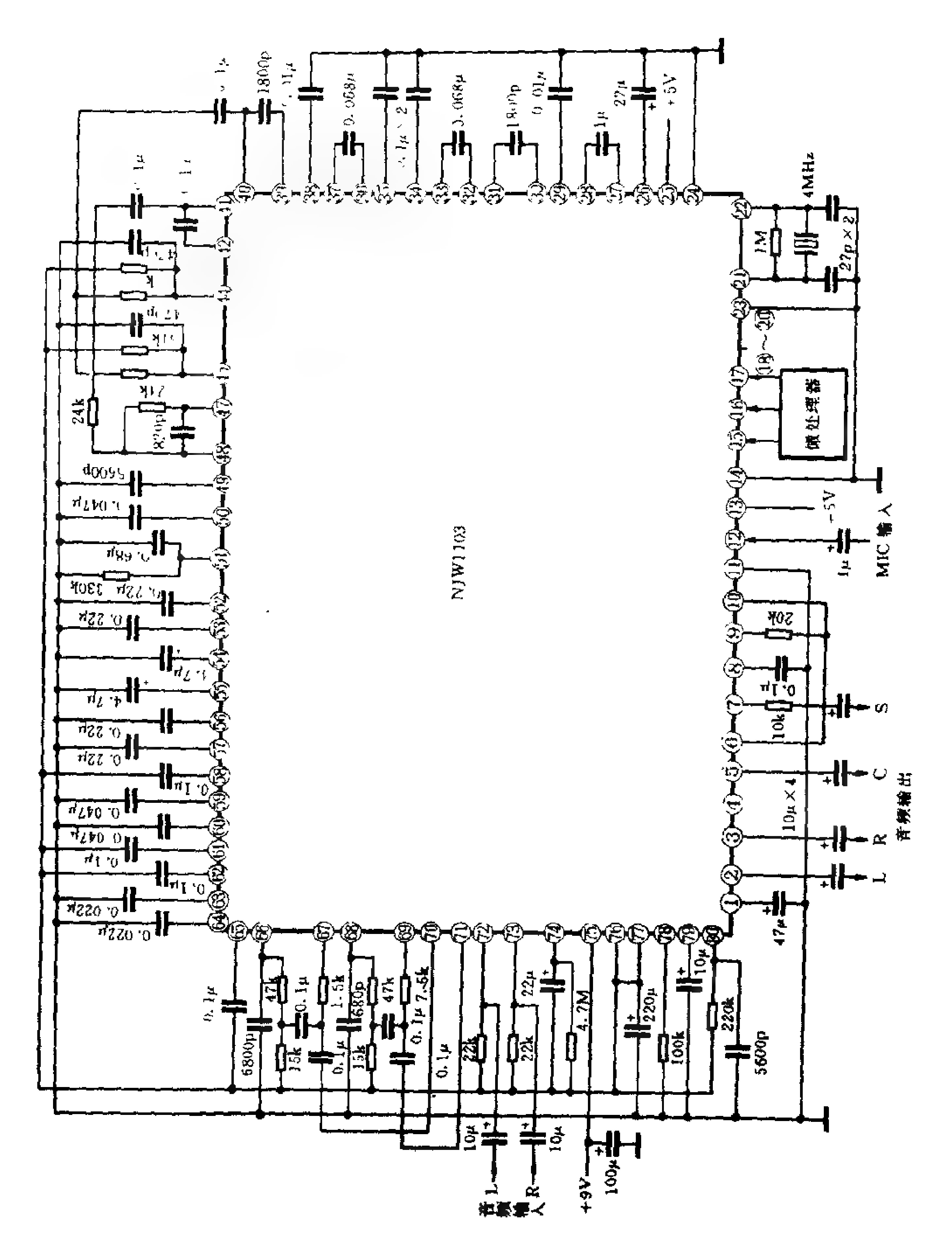


图 11－152 NJW1103 应用电路

图 11-153 电子管功率放大电路

RP_3 为高音调节电位器。C_3、R_6 和 C_8、R_{14} 组成低音提升网络，接于前置输入端和倒相输入端之间。RP_1 是音量电位器。

该电路的特点是对称特性好，交越失真小，重放时低音浑厚有力，高音清脆明亮。

2. VMOS 直流功率放大器

VMOS 场效应管因兼有双极型晶体管的低功耗和类似电子管的传输特性，开关失真和互调失真低、奇次谐波小及频率特性好等优点，被广泛应用于 Hi-Fi 功放电路中。图 11－154 是一款 VMOS 场效应管的直流功放电路，采用了“电流分频”技术，输出级高、低音独立放大输出，重放音质温和醇厚，与胆机相近。

电路中，VT_1、VT_2 组成差分输入级，RP_1 是源极负反馈电阻兼中点电位调节电位器，R_3、R_4 为漏极负载电阻，也是 VT_3、VT_4 的偏置电阻。R_7 是 VT_2 栅极的反馈电阻，C_3 是超前补偿电容。VT_3 ~ VT_6 组成第二差分放大级，VT_5、VT_6、R_{11}、R_{12} 组成 VMOS 镜像电流源电路。VT_8、VT_9 为缓冲级，VT_7 和 RP_2 组成缓冲级和输出级的偏置调整电路。VT_{10} 是温度补偿管，VT_{11}、VT_{12} 组成中高频互补输出级，VT_{13}、VT_{14} 组成低频输出级。C_7、C_8、R_{17}、R_{18} 和 C_9、C_{10}、R_{19}、R_{20} 等组成两组相同的二阶高通滤波器，R_{18}、R_{20}、R_{26} 及 RP_3、RP_4、VT_{10} 等组成 VT_{11}、VT_{12} 的偏置和中点调整电路，R_{21}、R_{22}、C_{11}、C_{12} 与 R_{23}、R_{24}、C_{13}、C_{14} 组成二阶低通滤波器。

音频信号经两级差分放大和缓冲放大后，高、低音分道扬镳，通过 RC 衰减式二分频网络分别进入中高频互补输出级和低频输出级进行电流放大，推动各自的扬声器放音（中、高频扬声器仍采用“功率分频”）。

3. 晶体管功率放大电路

图 11－155 是一款晶体管 OCL 功率放大电路。图中，VT_1、VT_2 组成共源共基电路，VT_3、VT_4、VT_6、VT_7 组成二级差分放大电

图 11-154　全 VMOS 直流功率放大电路

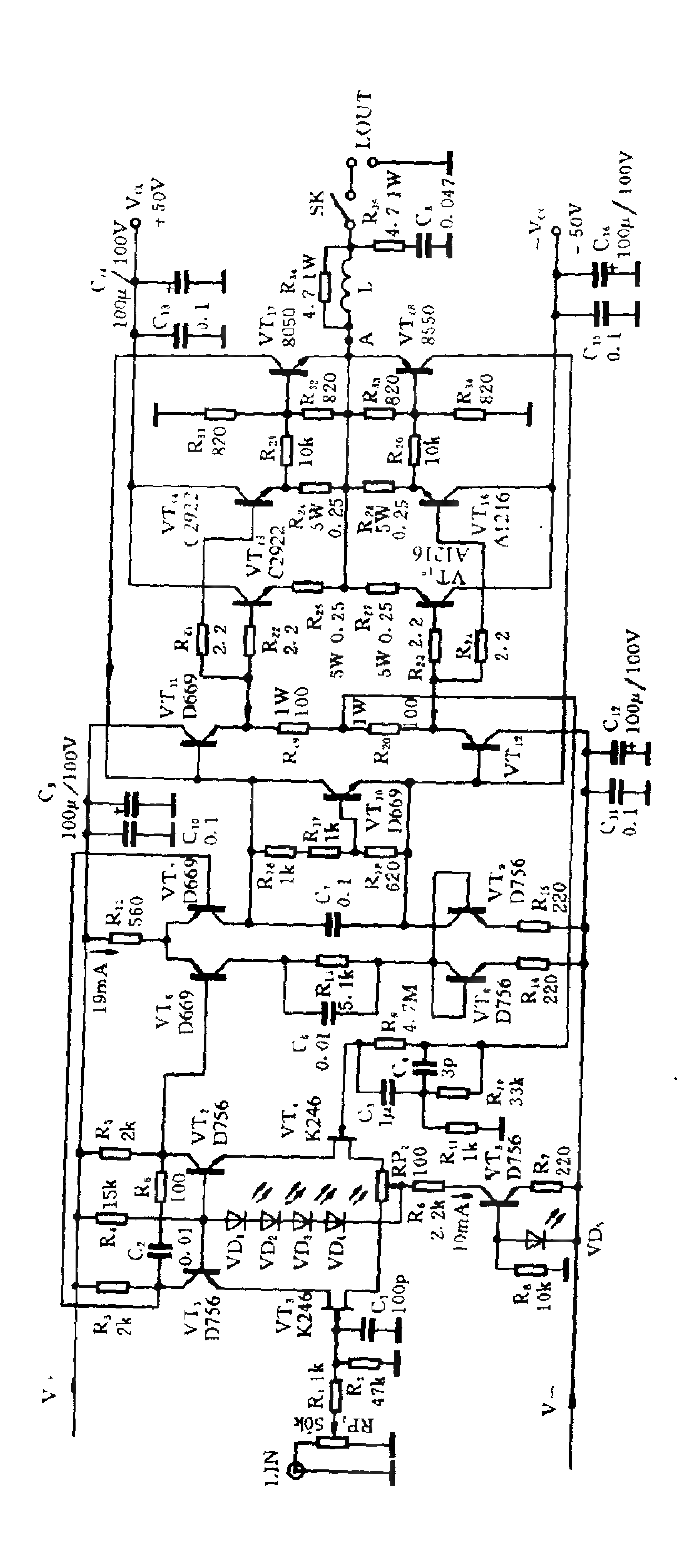


图 11－155　晶体管功率放大电路

路，VT_5 是 VT_3、VT_4 的恒流源。发光二极管 VD_1 ~ VD_4 起稳压作用。VT_8、VT_9 组成双管"密勒"（可扩展频响，克服瞬态互调失真）电路。VT_{10} 是温度补偿恒压管，VT_{11}、VT_{12} 组成电流推动电路。VT_{13} ~ VT_{16} 组成互补对称射极输出电路，工作在甲类状态。VT_{17}、VT_{18} 组成过流保护电路。

本电路的特点是瞬态互调失真小，采用甲类输出（8Ω 时额定输出功率为 25W），具有电子管的音色、晶体管的动态。

4. 晶体管与场效应管混合式功率放大器

图 11－156 是一款晶体管与场效应管混合的功率放大电路。VT_1、VT_2 组成第一级差分放大电路。VT_3、VT_4 组成第二级差分放大电路，VT_6、VT_7 组成互补源极跟随功率放大输出电路。VT_5 和 VD_1、R_7、R_6 等组成恒流、恒压电路。RP_1 用来调节功率管漏极电流。R_1、C_3 构成输入级的低通滤波电路，以消除高频干扰。R_2、R_5、C_5 组成负反馈电路，决定电路的放大增益。

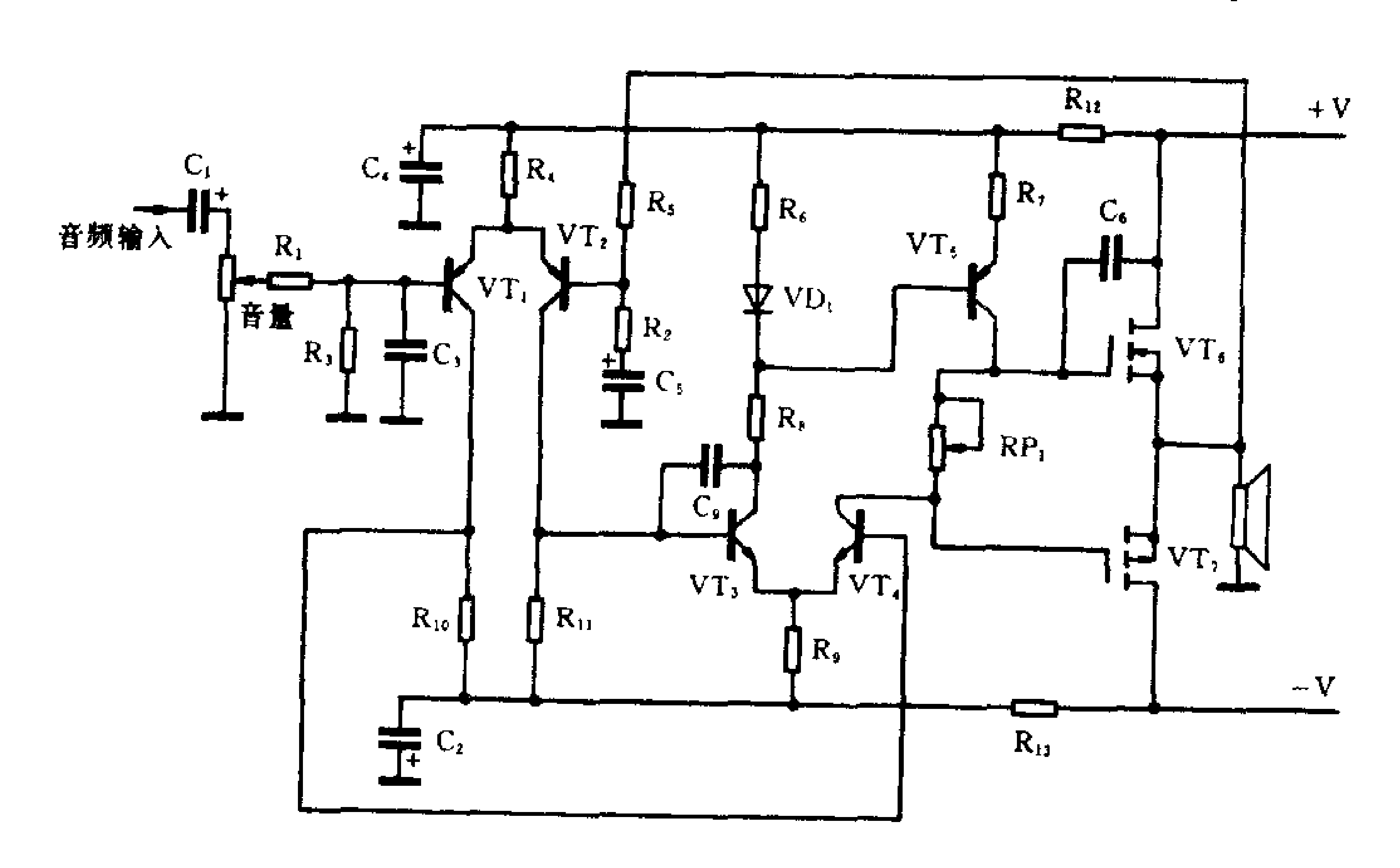


图 11－156 晶体管与场效应管混合式功率放大电路

该电路的额定输出功率可达 70W（8Ω）。其特点是瞬态互

调失真小，重放时中音饱满，低音厚实有力，高音明快。

5. 电子管与晶体管混合式功率放大电路

图 11－157 是一款电子管与晶体管混合的功率放大电路。电路中，前置电压放大和跟随器电路均由双电子三极管 V_1 (6N11J)来担任，末级功率输出电路由晶体管 VT_2～VT_5 组成。VT_1 和有关外围元件组成末级功率输出级的偏置电路。

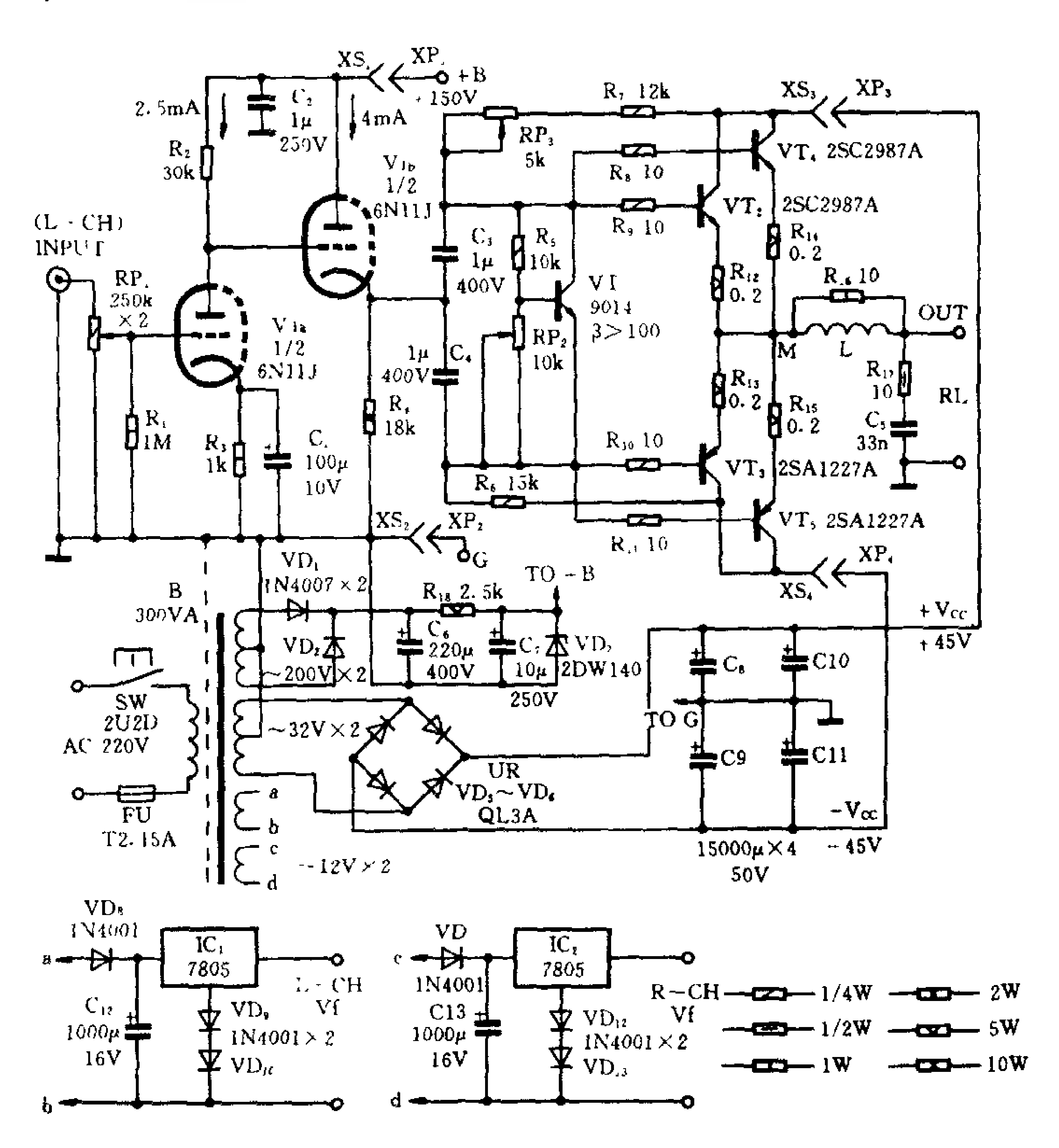


图 11－157　电子管与晶体管混合式功率放大电路

该电路的特点是电路简洁，输出功率大（额定输出功率

100W)，瞬态失真和互调失真小，音质好。

6. 场效应管与集成电路混合式功率放大电路

图 11－158 是一款由集成电路 LM3886 和场效应管等元件组成的功率放大电路。电路中，VT_1 为前置放大管，VT_2 为源极跟随器。LM3886 是美国国家半导体公司生产的音频集成电路(68W)，其各引脚功能见表 11－70。

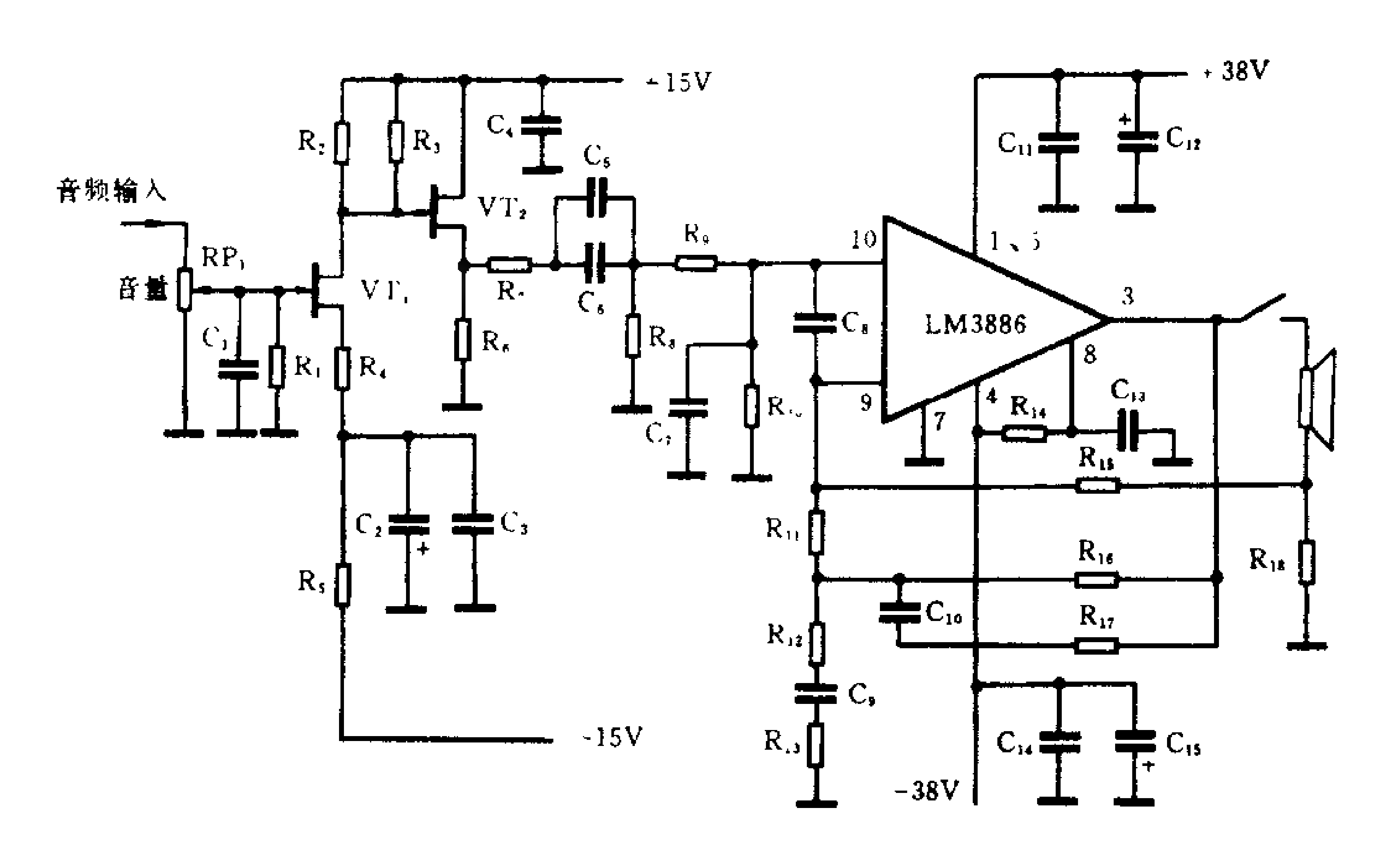


图 11－158 场效应管与集成电路混合式功率放大电路

表 11－70　　LM3886 各引脚功能

引脚	符号	功　能	引脚	符号	功　能
①	V+	正电源端	⑦	GND	接地端
②	NC	空脚	⑧	MUTE	静噪端
③	OUT PUT	输出端	⑨	V_{IN-}	反相输入端
④	V－	负电源端	⑩	V_{IN+}	正相输入端
⑤	V+	正电源端	⑪	NC	空脚
⑥	NC	空脚			

本电路为动态反馈式电路，由扬声器和 LM3886⑨脚的外围元件组成电压负反馈和电流负反馈电路，具有失真小、音质好、稳定性高等特点。